

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

RICARDO FLORENCIO

**ESTUDO DE UMA MÁQUINA DE FLUIDO TIPO HELICOIDAL PARA
BOMBEAMENTO DE ÁGUA DE RIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2021**

RICARDO FLORENCIO

**ESTUDO DE UMA MÁQUINA DE FLUIDO TIPO HELICOIDAL PARA
BOMBEAMENTO DE ÁGUA DE RIO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica - DAMEC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Marcio Tadayuki Nakaura
Coorientador: Prof. Francisco Augusto Aparecido Gomes

PATO BRANCO

2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE UMA MÁQUINA DE FLUIDO TIPO HELICOIDAL PARA BOMBEAMENTO DE ÁGUA DE RIO

RICARDO FLORENCIO

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 16/08/2021 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Prof. Dr. Luiz Carlos Martinelli Jr.
(UTFPR - Depto. de Engenharia Mecânica)

Prof. Dr. Francisco Augusto Aparecido Gomes
(UTFPR - Depto. de Engenharia Mecânica)
Coorientador

Prof. Marcio Tadayuki Nakaura
(UTFPR - Depto. de Engenharia Mecânica)
Orientador

Prof. Dr. Bruno Bellini Medeiros
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

*A todas as pessoas que almejam conhecimento;
a necessidade e a criatividade são as mães da engenharia.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por sua graça.

A minha família pelo apoio e suporte.

Ao meu orientador Marcio Nakaura e meu coorientador Prof. Francisco Aparecido Gomes pela disposição e paciência em me auxiliarem no desenvolvimento deste estudo.

Aos amigos que me acompanharam ao longo da graduação e em especial ao José Joaquim de Andrade pelo companheirismo e disponibilidade.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná que tornou este momento possível.

*“Tolo é aquele que acha que sabe de tudo.”
(Marina Amanda)*

RESUMO

FLORENCIO, Ricardo. Estudo de uma máquina de fluido tipo helicoidal para bombeamento de água de rio. 2021. 97 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

No mundo, inúmeros agricultores fazem o uso de sistemas de irrigação para suas lavouras. Esta técnica proporciona aumento de produtividade, além de agregar qualidade aos alimentos produzidos. Os custos de instalação e operação de sistemas de irrigação convencionais por muitas vezes se tornam onerosos, já que geralmente utilizam bombas centrífugas ou axiais de alta potência, estas são alimentadas com energia elétrica ou motores a combustão. Uma alternativa de sistema de bombeamento utilizando uma máquina de fluido do tipo bomba de mangueira helicoidal (também conhecida como bomba manométrica ou bomba de tambor) acionada pela energia hidráulica proveniente do rio, muitas vezes se mostra viável. Um modelo de bomba de mangueira helicoidal foi construído para realizar experimentos e entender a natureza física por trás deste tipo de bombeamento. Verificou-se que existe uma fração de água na espira, $Sr = 0,5$, em que o bombeamento da água atinge maiores alturas de elevação em relação ao nível da bomba. Isto ocorre para qualquer ângulo de inclinação utilizado neste estudo. Também, os ângulos de inclinação não interferem na vazão. Quanto maior a rotação do tambor da bomba maior é a vazão, porém a altura de elevação diminui. Conclui-se que o efeito de bombeamento por ar, ou seja, bolhas de ar dentro da mangueira, contribuem significativamente no funcionamento deste tipo de bomba.

Palavras-chave: Bomba de mangueira helicoidal; Bomba manométrica; Bomba de tambor; Máquina de fluido.

ABSTRACT

FLORENCIO, Ricardo. Study of a helicoidal fluid machine for pumping of river water. 2021. 97 p. Undergraduate Thesis – Mechanical Engineering Course, Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2021.

Worldwide, many farmers use irrigation systems for their crops. They usually use high-power centrifugal or axial pumps powered by electrical energy or combustion engines. This technique provides increased productivity, in addition to adding quality to the food produced. The installation and operation costs of conventional irrigation systems often become onerous. An alternative pumping system using a fluid machine of the helical hose pump type (also known as a manometric pump or barrel pump) powered by hydraulic energy from the river often proves feasible. A helical hose pump model was built to perform experiments and understand the physical nature behind this type of pumping. It was found that there is a fraction of water in the spiral, $S_r = 0.5$, in which the water pumping reaches higher elevation heights concerning the pump level, and it is valid for any tilt angle used in this study. Also, inclination angles do not interfere with the flow. The greater the rotation of the pump barrel, the greater the flow, but the lifting height decreases. It is concluded that the effect of air pumping (i.e., air bubbles inside the hose) significantly contributes to the functioning of this type of pump.

Keywords: Helical hose pump; Manometric pump; Barrel pump; Fluid machine.

LISTA DE SÍMBOLOS

Δp	Diferença de pressão
ρ	Densidade do fluido monométrico
g	Aceleração da gravidade local
P_T	Pressão total
Sr	Fração de água da primeira espira do helicoide
θ	Ângulo de inclinação do bombeamento
R	Constante universal dos gases ideais
N	Número de mols
T	Temperatura
V	Volume
D	Diâmetro do tambor da bomba
d	Diâmetro interno da mangueira
Q	Vazão
h	Diferença de nível do fluido nos dois lados do manômetro
n	Número de espiras do helicoide
n_b	Rotação da bomba
Ht	Altura de elevação
Hh	Soma das diferenças de nível na espiras do helicoide
Hb	Efeito de bombeamento por ar

SUMÁRIO

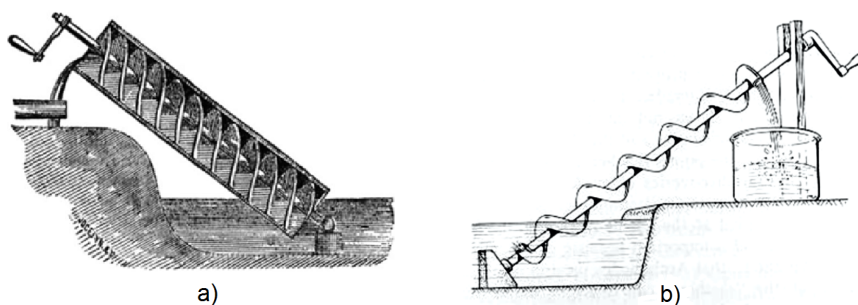
1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Objetivos	18
1.1.1	Objetivo geral	18
1.1.2	Objetivos específicos	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Manômetro de Tubo em U	23
2.2	Manômetro de Anel	25
2.3	Princípio de Funcionamento da Bomba de Mangueira Helicoidal	26
3	DESENVOLVIMENTO	29
3.1	Modelo da Bomba de Mangueira Helicoidal	29
3.2	Sistema de Controle de Rotação	31
3.3	Procedimento para Aquisição de Dados	34
4	RESULTADOS E CONCLUSÕES	37
4.1	Comparativo: vazão teórica e vazão real	45
	REFERÊNCIAS	51
	 APÊNDICES	 53
	APÊNDICE A – CÓDIGO ARDUINO	55
	APÊNDICE B – MODELO PARA ESTUDO DA BOMBA DE MANGUEIRA HELICOIDAL	57
	APÊNDICE C – DADOS DE VAZÃO E ALTURA MÁXIMA	59
	APÊNDICE D – DADOS COLETADOS	65

1 INTRODUÇÃO

No Brasil existem inúmeras pequenas propriedades rurais, onde a agricultura familiar utiliza-se da terra para a sua subsistência. Quando fala-se em agricultura, alguns fatores são indispensáveis para um bom desenvolvimento do cultivo, dentre eles se destacam, um solo adequado a cultura, água disponível e o clima. Um solo bem adubado e chuva na medida e hora certa são essenciais para uma boa produção. Com o intuito de minimizar a sazonalidade das chuvas, agricultores de vários países empregam esforços e recursos para a implementação de sistemas de irrigação. Estes sistemas convencionais, usualmente, têm alto custo de instalação e de operação.

Um sistema de bombeamento alternativo, de baixo custo, para pequenas propriedades, pode ser obtido utilizando uma máquina de fluido tipo helicoidal (bomba de mangueira helicoidal). A água é retirada do rio e transportada para um tanque (reservatório) elevado, onde a água é distribuída para os pontos de utilização. Esta água pode ser destinada para dessedentação de animais, irrigação, piscicultura, entre outros. A bomba de mangueira helicoidal utiliza um antigo conceito, a saber, o parafuso de Archimedes. Leonardo da Vinci elaborou um desenho substituindo a hélice do parafuso de Archimedes por tubo helicoidal disposto em torno de um eixo cilíndrico. A bomba de mangueira helicoidal é relativamente fácil e barata de construir, a manutenção é simples, não havendo necessidade de um profissional especializado. Além disso, este sistema de bombeamento não utiliza energia elétrica e pode trabalhar 24 horas por dia. A Figura 1 mostra os esquemas do parafuso de Archimedes e a versão de Leonardo da Vinci.

Figura 1 – a) Parafuso de Archimedes; b) Parafuso de Archimedes na versão de Leonardo da Vinci

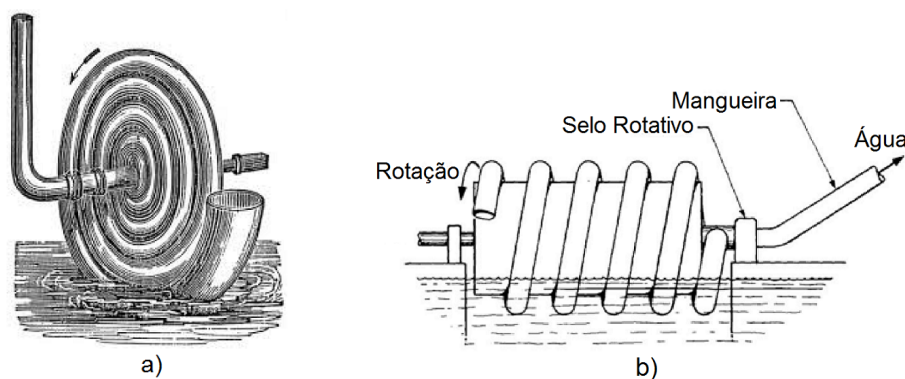


Fonte: a) Wikipédia (2019) ; b) Slide Player (2019).

A bomba de mangueira helicoidal é uma derivação da bomba em espiral, criada na cidade de Zurique na Suíça no ano de 1746 por Wirtz. A configuração da bomba espiral ou a bomba de Wirtz (como também é conhecida) é basicamente, uma mangueira disposta na forma de espiral, ou seja, a mangueira é enrolada de modo que o diâmetro

da bomba vá aumentando. A Figura 2 mostra as configurações de montagem, espiral e helicoidal.

Figura 2 – a) Bomba de Wirtz; b) Bomba de mangueira helicoidal



Fonte: a) Lurkertech (2019) ; b) Patent Pending - com alteração (2019)

Embora a vazão de água, utilizando uma bomba de mangueira helicoidal, seja pequena comparada com os sistemas de bombeamento convencionais, o transporte de água do rio é de forma ininterrupta, proporcionando à comunidade ou grupo familiar a possibilidade de armazenar a água em tanques, reduzindo os custos de instalação. Este sistema de bombeamento tem forte papel social na agricultura familiar, principalmente em regiões com maior escassez de recursos financeiros.

Neste contexto, é possível aplicar a este trabalho o conceito de Tecnologia Social, que remete para uma proposta de desenvolvimento de produtos, técnicas ou metodologias reprodutíveis, com interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social. Assim, o estudo técnico-científico e prático de uma máquina de fluido do tipo helicoidal possibilitará amenizar as dificuldades hídricas e proporcionar o desenvolvimento social e que também possa ser adaptada as diferentes realidades.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho faz o estudo de um sistema de bombeamento de água de rio de baixo custo, utilizando uma bomba de mangueira helicoidal que poderia atender, por exemplo, produtores rurais que praticam a agricultura familiar.

1.1.2 Objetivos específicos

- Revisão bibliográfica sobre a bomba em estudo;
- Construção de um modelo de bomba de mangueira helicoidal, em escala reduzida, para experimentos em laboratório;
- Identificação das correlações dos parâmetros nos modos de operação da bomba.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Uma bomba de mangueira helicoidal é uma máquina de fluido que utiliza do princípio do parafuso de Archimedes. A principal diferença está na posição de funcionamento, o parafuso de Archimedes é utilizado na posição inclinada, já a bomba de mangueira helicoidal trabalha na horizontal.

A bomba de mangueira helicoidal, *vide* Figura 2 (b), consiste basicamente em um tambor cilíndrico que possui uma mangueira enrolada na forma de um helicóide. O tambor possui um eixo oco (tubo) posicionado horizontalmente e apoiado por mancais.

Uma das extremidades da mangueira fica posicionada tangencialmente ao tambor, possui um bocal por onde são admitidos os fluidos (água e ar); a outra extremidade, por onde a água sai, é posicionada de forma concêntrica ao eixo do tambor. Para que o funil do bocal capte água, o tambor é parcialmente imerso e durante a sua rotação a água e o ar são admitidos (quando o funil é submerso, a água é admitida e quando este emerge, o ar é admitido). Este movimento de rotação gera bolsões de ar que fica na parte superior do helicóide, gerando uma diferença de pressão entre cada espira da mangueira, estas diferenças de pressão (Δp) somam-se, contribuindo para o bombeamento da água.

A mangueira que sai do tambor pelo centro do tubo é conectada, por meio de um selo rotativo, à outra mangueira (ou tubo) que transportam a água até um reservatório localizado em uma determinada elevação, de onde então a água é distribuída para os pontos de utilização. Esta máquina de fluido tipo helicoidal pode trabalhar 24 horas por dia e o processo de bombeamento de água não necessita utilizar energia elétrica.

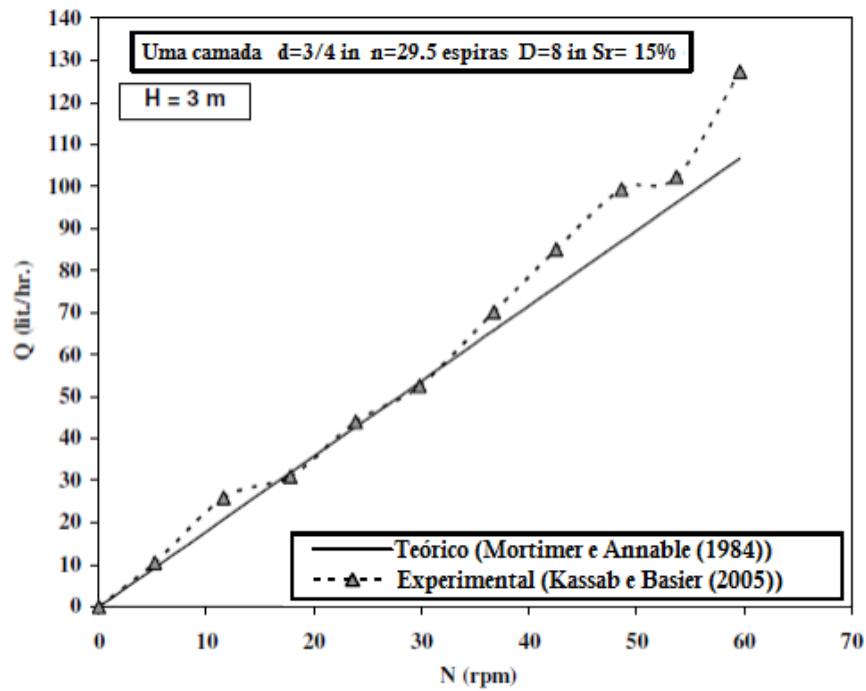
Os estudos referentes a este tipo de bomba são antigos, Belcher (1972) desenvolveu um caso prático da utilização da bomba de mangueira helicoidal, denominada por ele como "Bomba Manométrica", nesse caso o equipamento atuaria na recuperação da energia normalmente gasta em um sistema de passagem de peixes de uma usina hidrelétrica.

Anos após os estudos publicados por Belcher (1972), Mortimer e Annable (1984) desenvolveram uma análise deste sistema de bombeamento, com foco mais teórico, desenvolvendo assim equações e idealizando parâmetros como base no parafuso de Archimedes.

No começo do século XXI, Kassab e Basier (2005), apresentaram na IX Conferência Internacional de Tecnologias para Irrigação no Egito, o estudo experimental da bomba de mangueira helicoidal, mostrando as curvas de funcionamento deste tipo bomba. Por fim, Kassab e Basier (2005) compararam seus dados obtidos com o modelo teórico criado por Mortimer e Annable (1984), a Figura 3 e 4 mostram a comparação gráfica realizada por Kassab e Basier (2005).

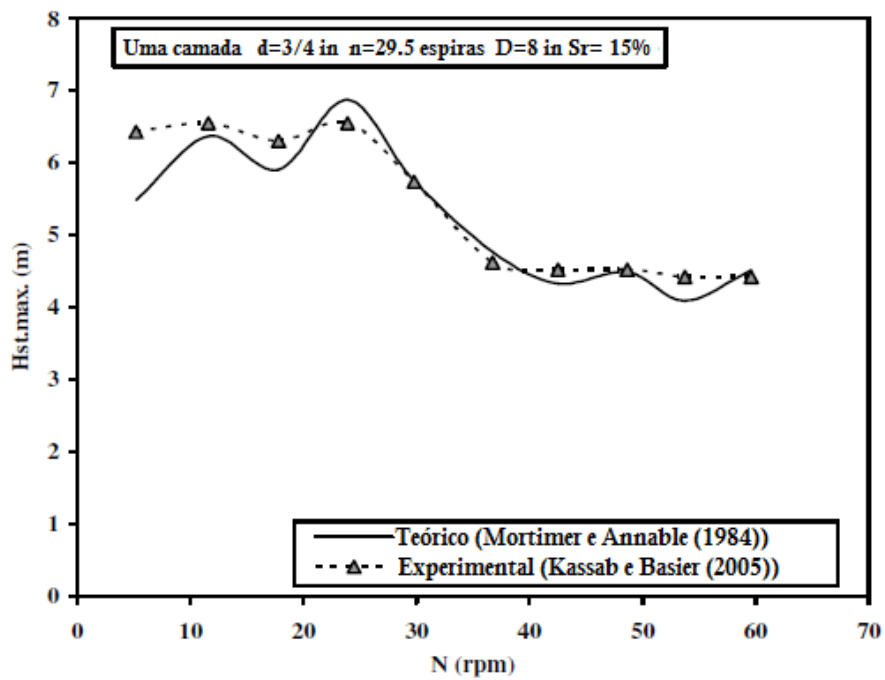
Como princípio de análise do processo de bombeamento, todos os autores fi-

Figura 3 – Comportamento da vazão em relação à rotação



Fonte: Kassab e Basier (2005) .

Figura 4 – Comportamento da altura máxima de elevação em relação à rotação



Fonte: Kassab e Basier (2005) .

zeram uso da interpretação do sistema de bombeamento como sendo uma série de

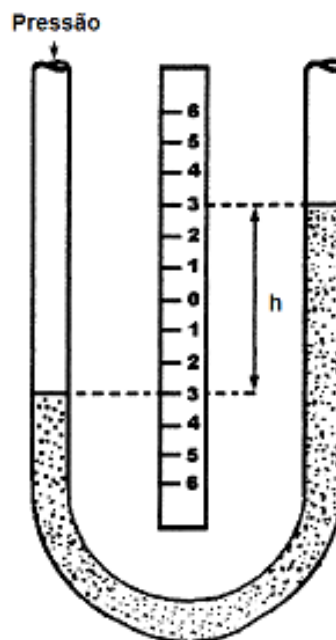
manômetros de tubo em U. Esta analogia simplifica o equacionamento do fenômeno.

2.1 Manômetro de Tubo em U

O manômetro de tubo em U, ou simplesmente manômetro em U, é um instrumento simples, utilizado para medir a diferença de pressão entre dois pontos. Tem a forma de U (daí o nome) e é confeccionado com um tubo transparente e parcialmente preenchido com um fluido manométrico de densidade conhecida.

A diferença de pressão nas colunas verticais, gera um deslocamento do fluido manométrico, facilmente visualizado na diferença de nível entre os dois lados do manômetro. Isto acontece, porque o fluido manométrico se desloca do lado de maior para o de menor pressão, até que o equilíbrio hidrostático seja atingido. A Figura 5 mostra o esquema construtivo do manômetro em U.

Figura 5 – Manômetro em U



Fonte: Salcas (2020).

A diferença de pressão, Δp , é calculada pela seguinte equação:

$$\Delta p = \rho g h \quad (2.1)$$

Sendo:

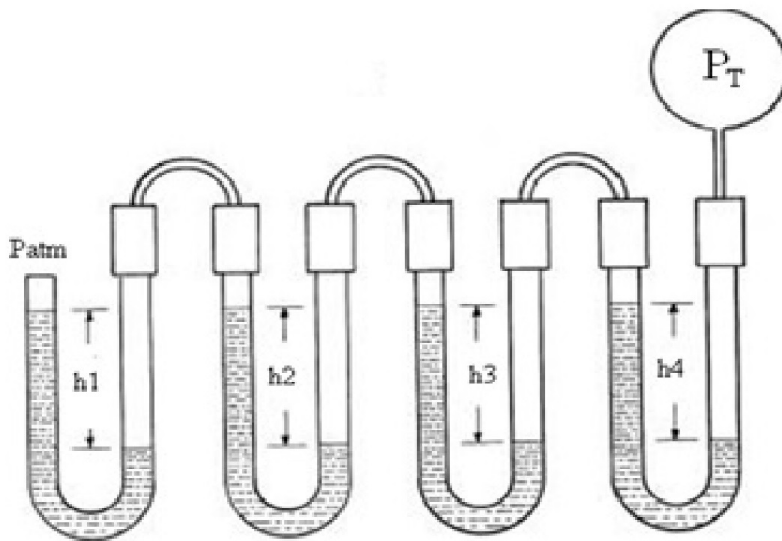
ρ : densidade do fluido manométrico.

h : diferença de nível do fluido nos dois lados do manômetro.

g : aceleração da gravidade local.

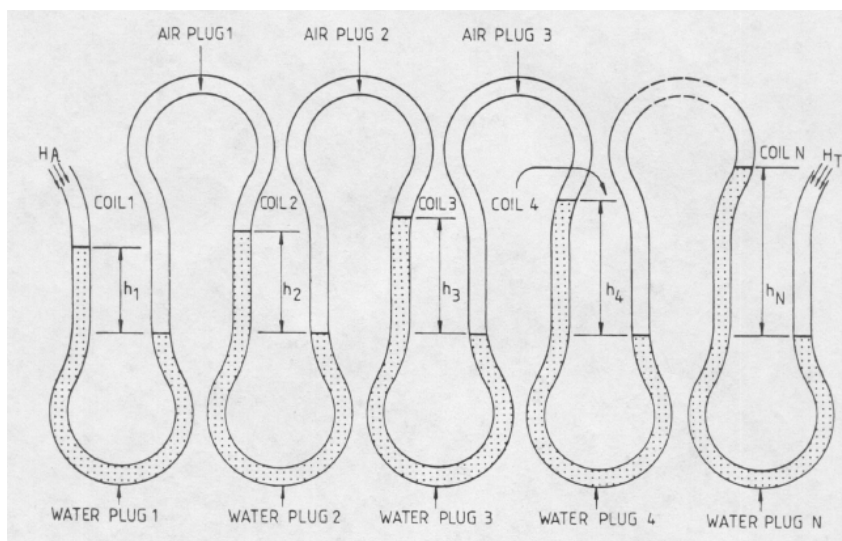
Segundo Belcher (1972), quando houver dois ou mais manômetros em U conectados em série, como na Figura 6 e Figura 7, a pressão de um lado da série de manômetros será igual à soma algébrica das diferenças de pressão de cada manômetro que compõe a série.

Figura 6 – Manômetros em série



Fonte: Belcher (1972).

Figura 7 – Representação dos manômetros em série por Mortimer



Fonte: Mortimer e Annable (1984).

Sendo assim, a Equação 2.1 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$P_T = \sum_{n=1}^n \rho g h_n \quad (2.2)$$

onde o subíndice n denota o número da espira da mangueira. A equação anterior pode ser vista também da seguinte forma:

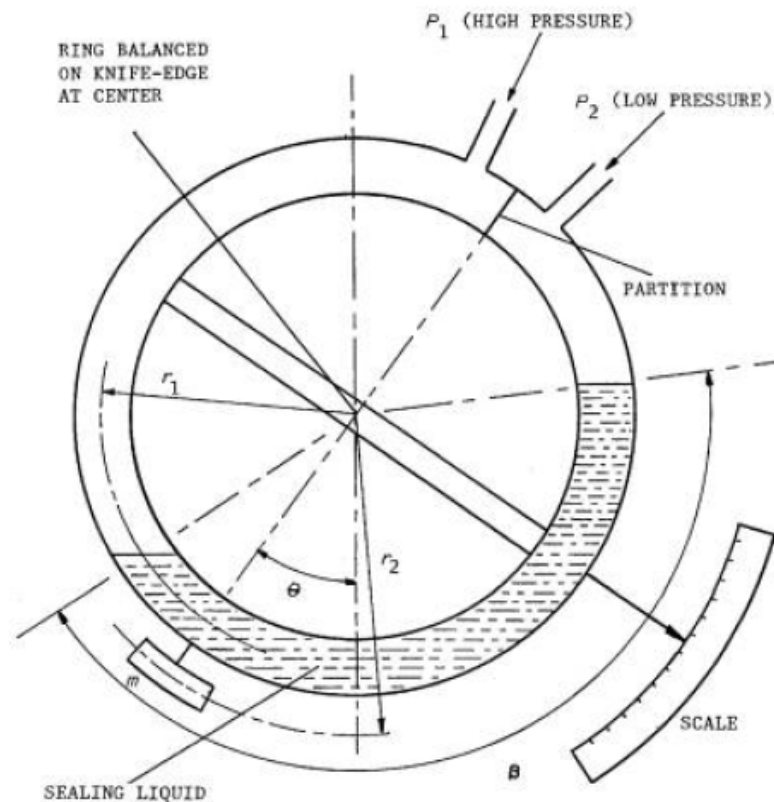
$$P_T = \sum_{n=1}^n \Delta p_n \quad (2.3)$$

Existem algumas variações do manômetro em U que também podem servir de comparação com a bomba de mangueira helicoidal, é o caso do manômetro em anel. Este modelo foi utilizado por Belcher (1972), Mortimer e Annable (1984) em seus estudos sobre este tipo de sistema de bombeamento.

2.2 Manômetro de Anel

O manômetro de anel basicamente se trata de uma variação do manômetro em U, como o nome sugere, tem o formato de anel.

Figura 8 – Manômetro de Anel



Fonte: Belcher (1972).

A Figura 8 mostra as características de um manômetro de anel. Da mesma forma que o manômetro em U, ele é parcialmente preenchido com um fluido manométrico de peso específico conhecido, porém é articulado em seu centro podendo girar.

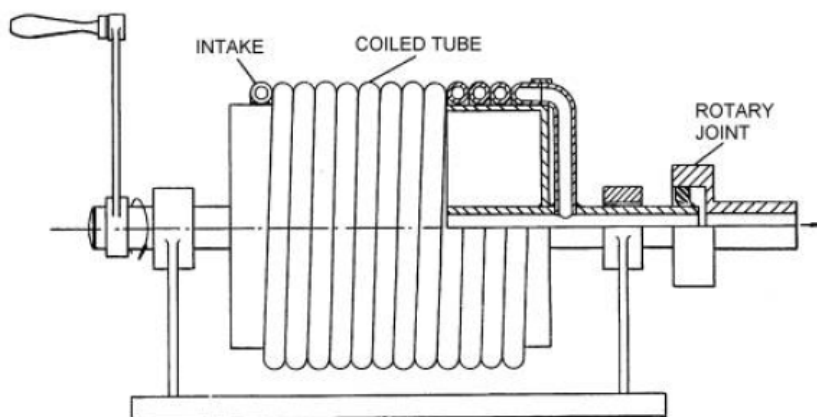
O manômetro de anel, possui uma massa fixada ao tubo na parte inferior do anel, quando aplicada uma diferença de pressão, nas entradas do anel, o fluido manométrico como no caso do manômetro em U, se desloca para o lado de menor pressão, este movimento faz o anel girar, a massa fixada ao tubo em resposta a esse movimento, gera um momento restaurador, até que os momentos entrem em equilíbrio. Sendo assim a diferença de pressão aplicada ao equipamento, gera um deslocamento angular do anel, possibilitando a leitura direta da diferença de pressão, em uma escala apropriada.

Este comportamento do fluido manométrico dentro do manômetro de anel, possibilitou a Belcher (1972) e Mortimer e Annable (1984), entenderem a influência da altura de elevação no comportamento da água dentro do rotor da bomba de mangueira helicoidal.

2.3 Princípio de Funcionamento da Bomba de Mangueira Helicoidal

A bomba de mangueira helicoidal combina os princípios básicos de vários manômetros em U, que quando conectados em série assemelham-se ao parafuso de Arquimedes. Pode-se dizer que a bomba de mangueira helicoidal é uma variação do modelo construtivo criado por Arquimedes. A bomba consiste basicamente de um rotor com uma mangueira de área de seção transversal constante, enrolada de forma a construir uma helicóide. A Figura 9 e Figura 10 mostram um esquema construtivo básico de uma bomba de mangueira helicoidal.

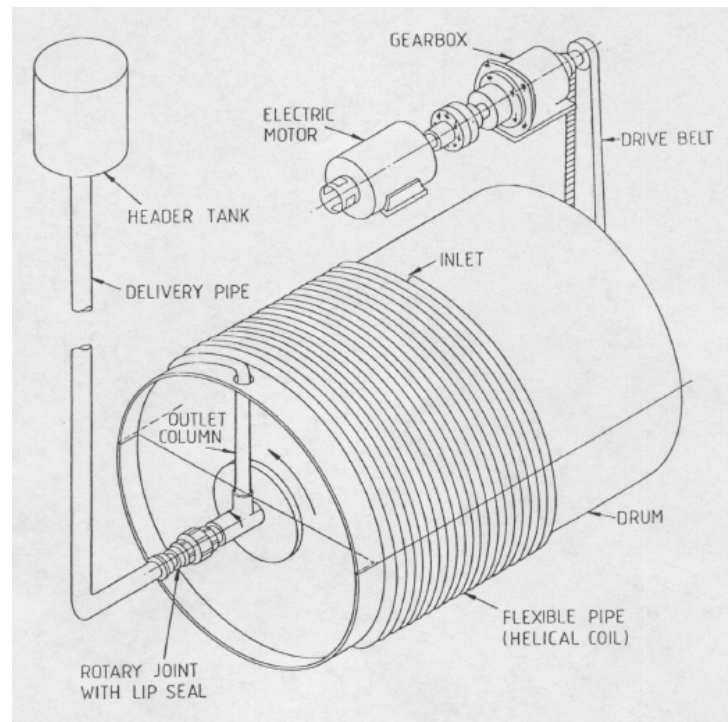
Figura 9 – Esquema construtivo da bomba por Belcher



Fonte: Belcher (1972).

Uma das extremidades da mangueira é responsável pela admissão das frações de água e ar. Já a outra extremidade é concêntrica ao eixo do rotor, tendo uma junção

Figura 10 – Esquema construtivo da bomba por Mortimer



Fonte: Mortimer e Annable (1984)

rotativa que conecta a mangueira de transporte de água na descarga da bomba.

Como relatado por Belcher (1972), a bomba de mangueira helicoidal efetua o fracionamento de água e ar, em proporções que variam de 30 a 70 por cento de água no volume total de cada espira da helicoide (S_r). O ajuste do S_r , pode ser realizado com a imersão parcial do rotor, ou com a utilização de um bocal de admissão (funil). A água e o ar são admitidos num processo contínuo, que se repete a cada volta do rotor. Os fluidos admitidos são pressurizados e transportados até a saída do helicoide. A saída é concêntrica com o eixo do rotor, munida de uma junta rotativa, que evita a torção da mangueira. Este processo de admissão e a forma construtiva do helicoide possibilitam a bomba de mangueira helicoidal criar um efeito capaz de se opor à pressão gerada pela coluna de água até o reservatório principal.

Belcher (1972) faz uma análise simplificada, sem considerar a compressão do ar no processo, ele descreve a pressão máxima da bomba, como a soma das pressões de todas as voltas do helicoide. Esta situação é relatada por Belcher (1972) pela Equação 2.3.

Já Mortimer e Annable (1984), realizou uma análise utilizando a lei geral dos gases ideais, considerando a influência da compressão do ar na mangueira.

$$PV = NRT \quad (2.4)$$

Fazendo uso de algumas simplificações desta equação, como uma temperatura constante durante o processo, a equação anterior pode ser escrita na seguinte forma:

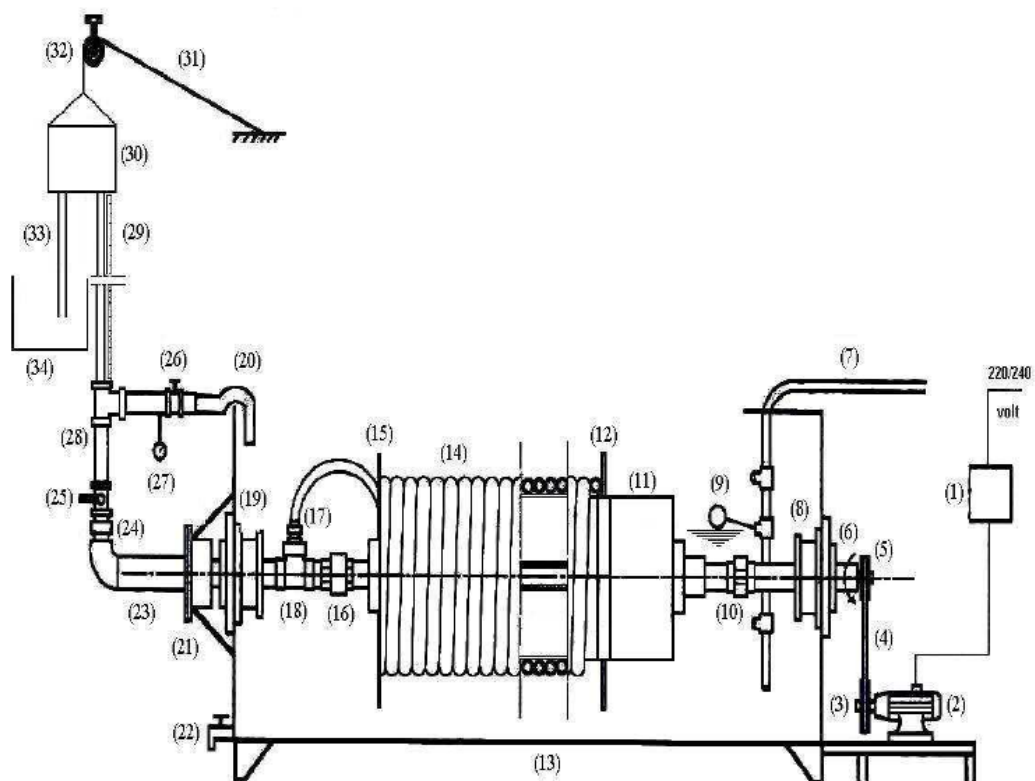
$$PV = \textit{constante} \quad (2.5)$$

O caminho seguido por Mortimer e Annable (1984), focado principalmente na análise teórica do processo de bombeamento da bomba de mangueira helicoidal, é amparado ao final de seus estudos por dados coletados de um modelo de bomba em laboratório.

3 DESENVOLVIMENTO

A análise deste tipo de sistema de bombeamento, passa pela construção de um modelo para estudo da bomba de mangueira helicoidal, seguindo o modelo concebido por Kassab e Basier (2005) em seus estudos, com a utilização de um motor elétrico, para prover a rotação do helicóide, e um reservatório de água. A Figura 11 mostra o modelo, utilizado por Kassab e Basier (2005).

Figura 11 – Modelo de bomba utilizado por Kassab e Basier (2005)



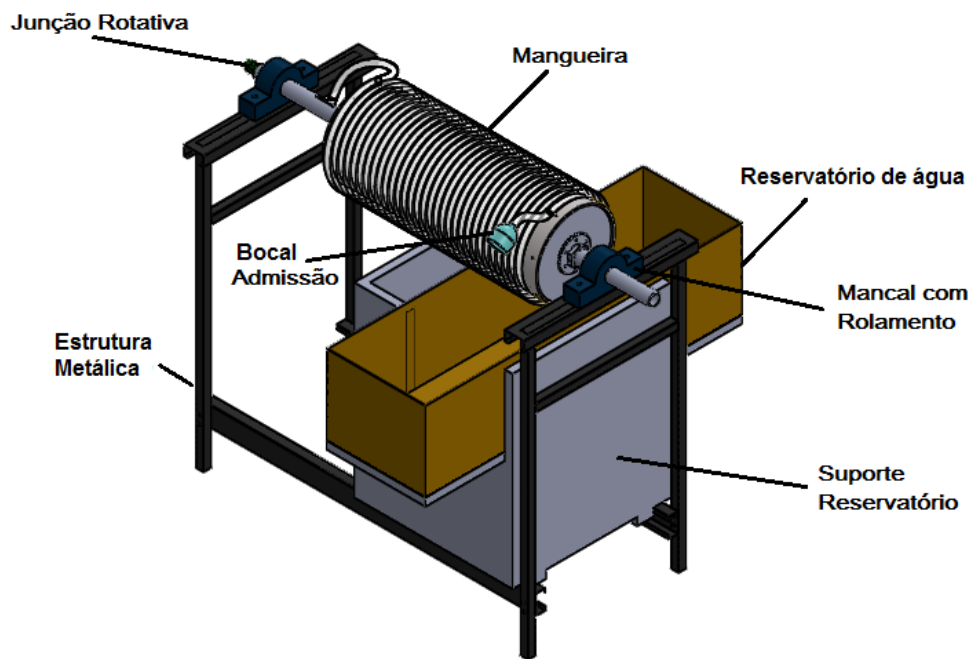
Fonte: Kassab e Basier (2005)

3.1 Modelo da Bomba de Mangueira Helicoidal

De forma análoga aos modelos de Kassab e Basier (2005) e de Mortimer e Annable (1984), o modelo ilustrativo para o desenvolvimento deste trabalho, é apresentado na Figura 12, elaborado em *software* de CAD 3D.

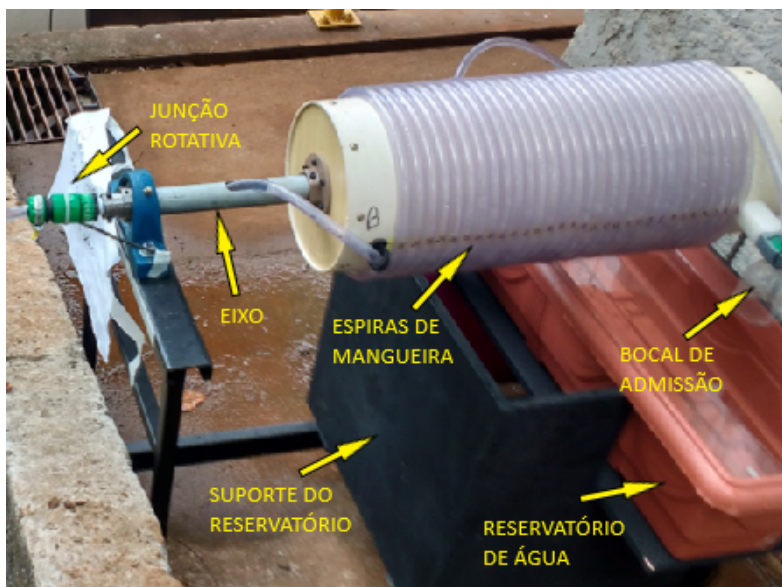
O modelo da bomba de mangueira helicoidal, utilizou materiais simples em sua confecção. Foi construído com 31 espiras em um rotor de 200 mm de diâmetro. Foram utilizados aproximadamente 21 metros de mangueira para a confecção do helicóide. As Figuras 13 e 14 mostram o modelo de bancada da bomba de mangueira helicoidal.

Figura 12 – Modelo para estudo da bomba de mangueira helicoidal



Fonte: Autoria Própria.

Figura 13 – Banco de ensaio da bomba de mangueira helicoidal



Fonte: Autoria própria.

Figura 14 – Sistema de transmissão por corrente para movimento giratório do tambor



Fonte: Autoria própria.

3.2 Sistema de Controle de Rotação

Quando Kassab e Basier (2006) realizaram os experimentos, os melhores resultados de altura máxima ficaram na faixa de 15 a 20 rpm, isso norteou a faixa de rotação de interesse, analisada neste trabalho. A rotação foi estipulada na faixa de 5 a 35 rpm, dividida em intervalos de 5 rpm. O controle foi realizado com a utilização de um conjunto, motor e controlador de velocidade. Para alimentar o sistema utilizou-se uma fonte AC/DC, com entrada 127/220 volts e saída de 12 volts (tensão de alimentação do motor elétrico). A Figura 15, mostra o controlador e esquema de ligação utilizados.

As especificações do potenciômetro, são as seguintes:

- Tensão de alimentação 6 a 28V (DC);
- Tensão de saída igual a de alimentação;
- Corrente de saída máxima de 3A;
- Potência máxima de saída 80W.

Esta faixa de controle foi mais que suficiente para controlar a rotação do motor, durante o acionamento do modelo da bomba de mangueira helicoidal, já que, ele tem tensão de alimentação de 12V DC e demanda uma corrente nominal de 1A.

A leitura da rotação do rotor foi direta, a partir de um *display* montado em circuito utilizando arduino e sensor de rotação, com disco *encoder*. O modelo construtivo seguiu diagrama de montagem representado na Figura 16.

Como mencionado anteriormente, o modelo da bomba de mangueira helicoidal tem rotação na faixa de 5 a 35 rpm e o ajuste pode ser realizado pelo controlador

Figura 15 – a) Controlador de rotação motor DC; b) Esquema de ligação do potenciômetro

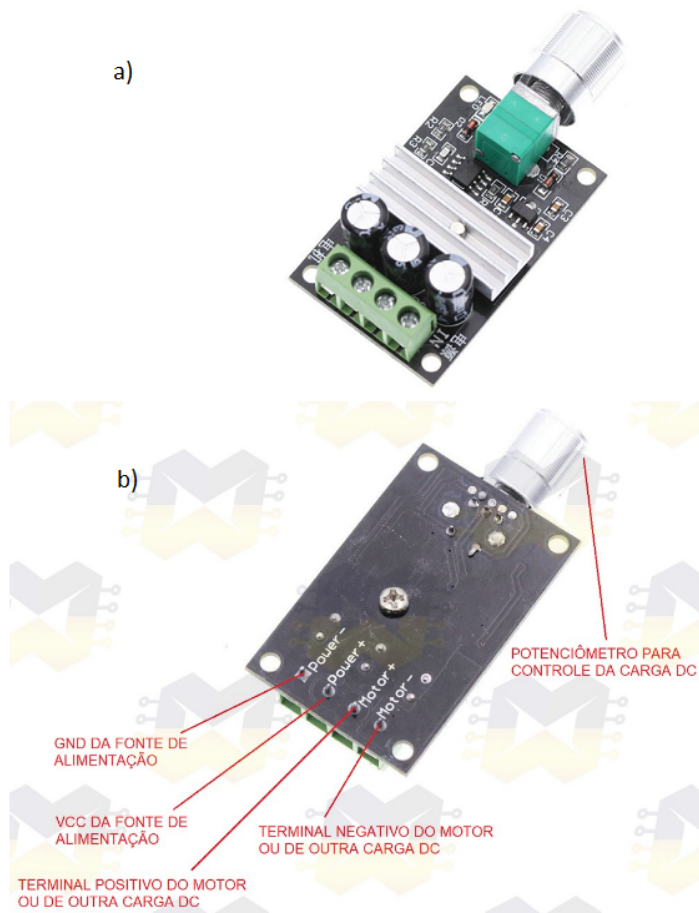
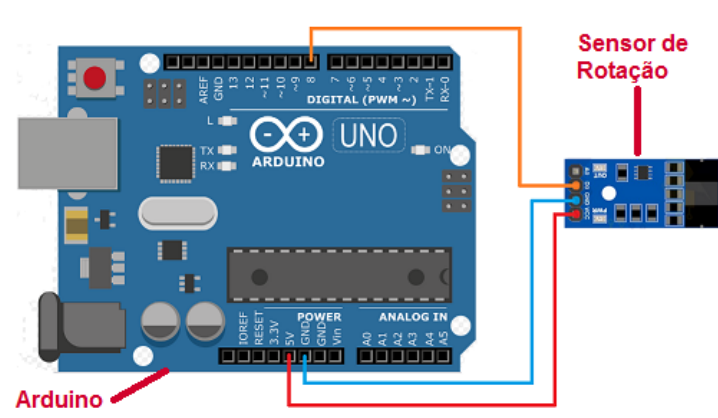
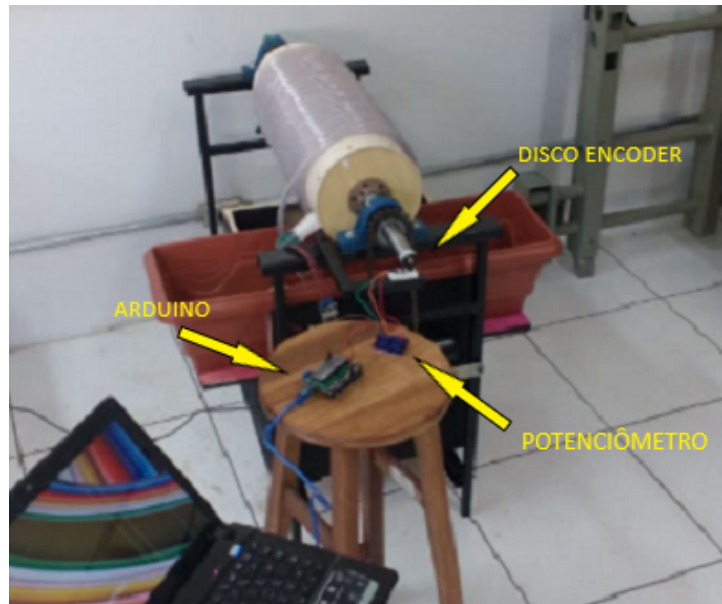


Figura 16 – Esquema de ligação do sensor de rotação no arduino



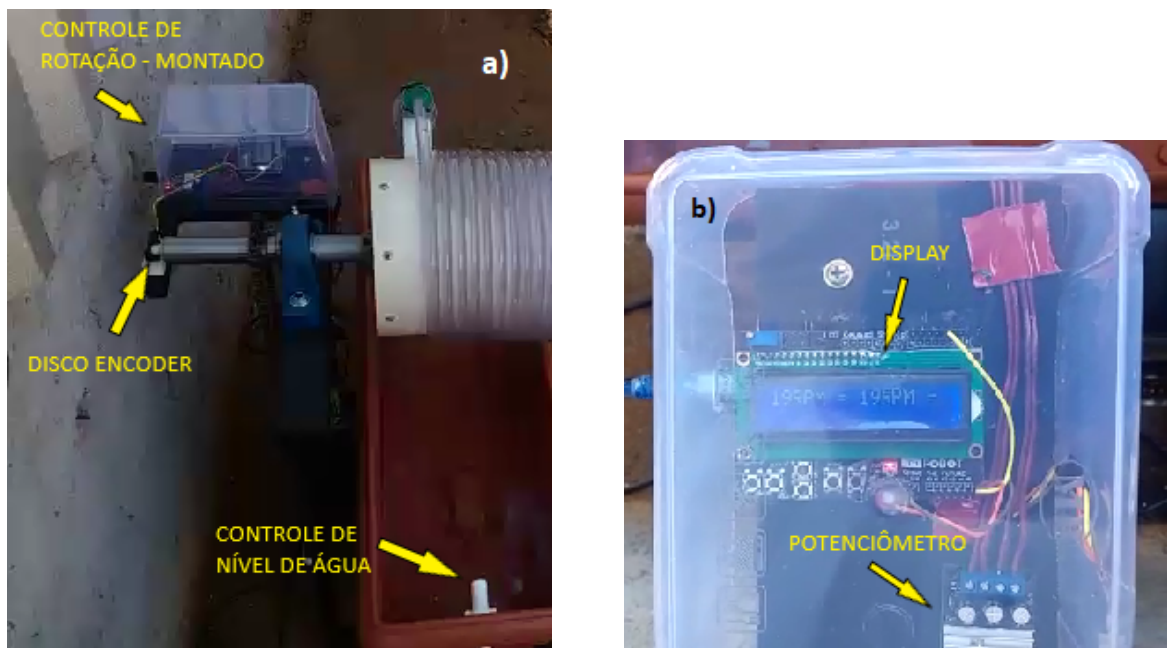
de rotação, verificado no valor mostrado no *display*. As Figuras 17 e 18, mostram a montagem utilizada para o controle do parâmetro de rotação.

Figura 17 – Sistema de controle de rotação com arduino



Fonte: Autoria Própria.

Figura 18 – a) Controle de rotação - montado ; b) Painel de visualização da rotação



Fonte: Autoria Própria.

3.3 Procedimento para Aquisição de Dados

Os parâmetros utilizados no experimento foram divididos em fixos e variáveis. Os parâmetros fixos são:

- Número de espiras do helicoide (n);
- Diâmetro do tambor da bomba (D);
- Diâmetro interno da mangueira (d).

Os parâmetros variáveis escolhidos para este estudo foram:

- Rotação da bomba (n_b);
- Ângulo de inclinação do bombeamento (θ);
- Fração de água da primeira espira do helicoide (Sr).

O ângulo de inclinação do bombeamento (mangueira de subida), θ , foi fixa em 15, 30, 45, 60 e 90 graus nos experimentos, com a utilização de alguns gabaritos. As Figuras 19 e 20, mostram as configurações de inclinação de bombeamento.

Figura 19 – Ângulo de inclinação de bombeamento



Fonte: Autoria Própria.

Utilizando o sistema de controle de rotação e ajustando a inclinação de subida, os dados de altura máxima e vazão foram coletados. Para cada combinação possível, entre ângulo de subida e rotação. A Figura 21 mostra de forma simplificada, como foi obtido os dados.

A leitura da vazão é obtida com a utilização de recipiente graduado (Figura 22), medindo cada incremento da tubulação de subida até a obtenção da altura máxima de elevação.

Figura 20 – Bombeamento em ângulo de 90 graus



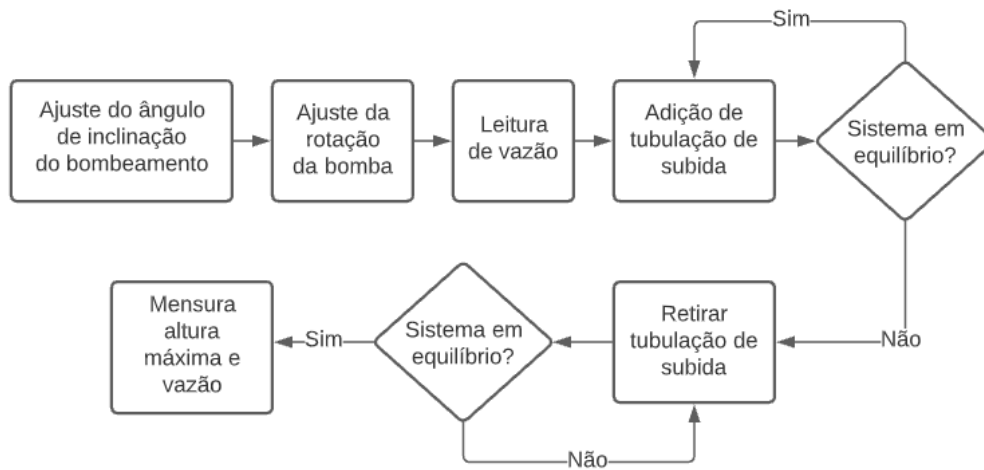
Fonte: Autoria Própria.

Vale salientar que por se tratar de uma bomba manométrica, conforme descrito por Mortimer e Annable (1984), a vazão não depende da altura de elevação. Assim, pelo princípio da conservação da massa, a vazão medida no nível da bomba é a mesma vazão no ponto de altura máxima de elevação.

Tanto Mortimer e Annable (1984) quanto Kassab e Basier (2005), concluíram que a altura máxima de elevação, era obtida pela soma das diferenças de altura na série de manômetros, com o efeito de bombeamento por ar, causado pelas bolhas dentro da tubulação de transporte.

Como o processo de coleta de dados se estendeu por vários dias, alguns cuidados foram tomados. Para evitar interferência da temperatura da água no experimento, o reservatório foi preenchido e esgotado a cada início e fim de coleta. A água utilizada foi de tubulação subterrânea, que apresenta baixa variação de temperatura. Além disso, as extremidades abertas da mangueira de transporte de água, foram fechadas ao fim do período de ensaios, para evitar a entrada de insetos que causariam interferência nos resultados.

Figura 21 – Fluxograma de coleta de dados



Fonte: Autoria Própria.

Figura 22 – Determinação da vazão na saída da bomba



Fonte: Autoria Própria.

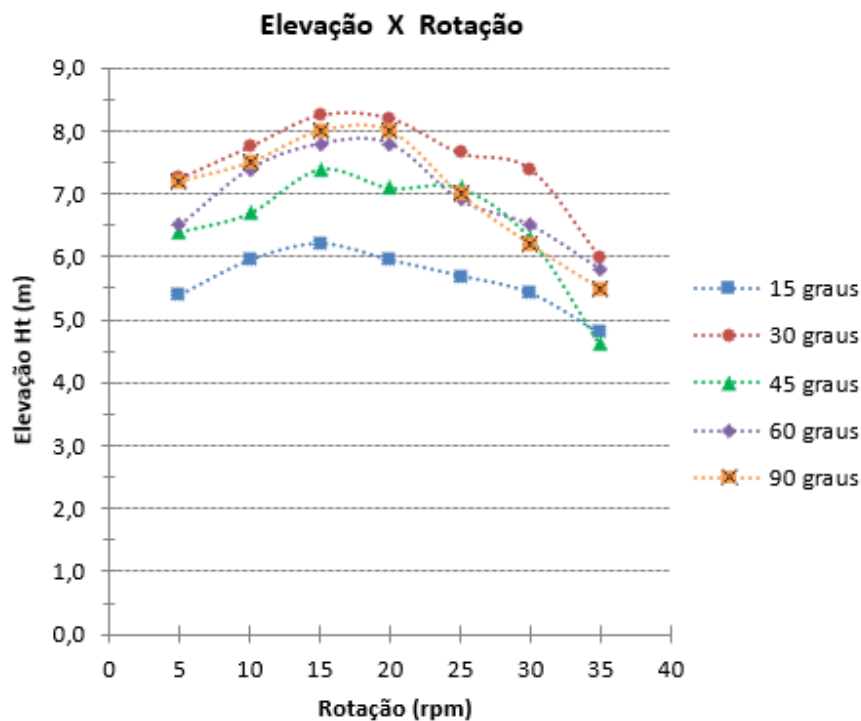
4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Apesar do funcionamento deste tipo de bomba envolver escoamento bifásico água-ar, seria “proibitivo” tratar deste tema em maior generalidade num trabalho de graduação. Assim, para diminuir a complexidade do problema, o estudo foi limitado a analisar a influência da rotação, ângulo de inclinação, e fração de água na espira.

Com a aquisição de dados do experimento, foi possível realizar análises do comportamento físico do bombeamento por meio de gráficos. Vale lembrar que, o modelo da bomba de mangueira helicoidal foi construído de forma semelhante ao desenvolvido por Kassab e Basier (2005). Isto possibilitou um melhor entendimento das conclusões e conceitos utilizados por eles.

Variando a rotação para cada inclinação de subida, foi possível determinar, como a exemplo de Kassab e Basier (2005), uma faixa de rotação onde são obtidas as maiores alturas de elevação. A Figura 23, mostra as curvas de altura máxima, para cada inclinação e rotação analisadas.

Figura 23 – Altura de elevação em função da rotação

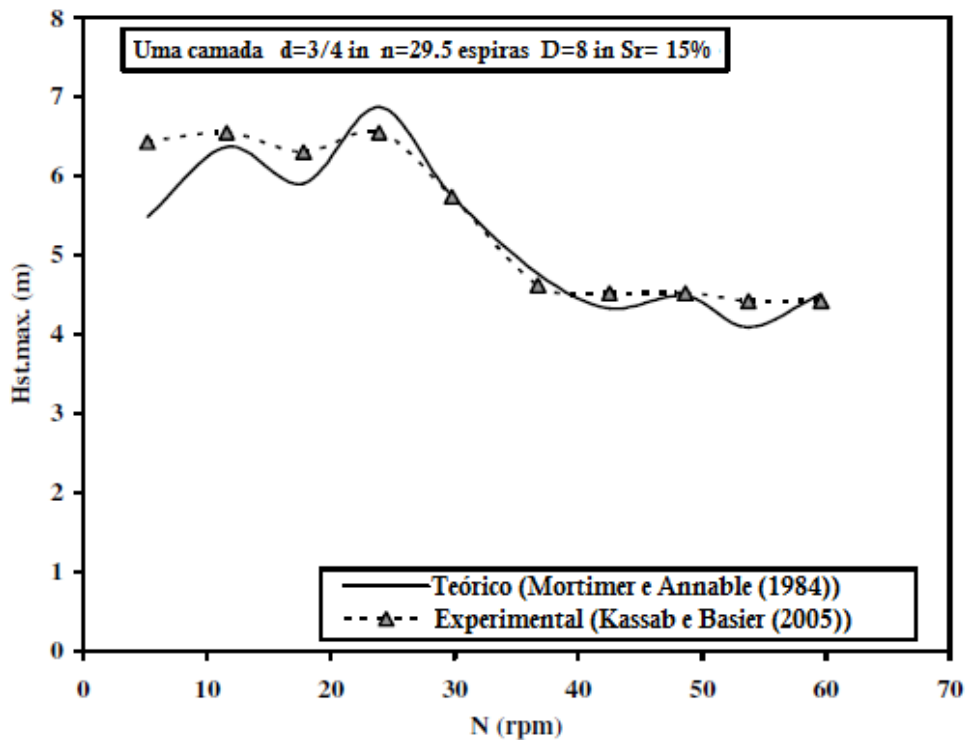


Fonte: Autoria Própria.

É possível observar que as maiores alturas de elevação foram obtidas no intervalo

de 15 a 20 rpm, para qualquer ângulo de inclinação. Aumentando a rotação, as alturas de elevação começam a diminuir, algo condizente com os resultados obtidos por Kassab e Basier (2005) mostrados na Figura 24. Para a bomba de mangueira helicoidal utilizada, a máxima altura de elevação (H_t) obtida foi de 8,3 metros, para a inclinação de 30 graus e rotação de 15 rpm.

Figura 24 – Elevação x Rotação obtidos por Kassab e Basier (2005)



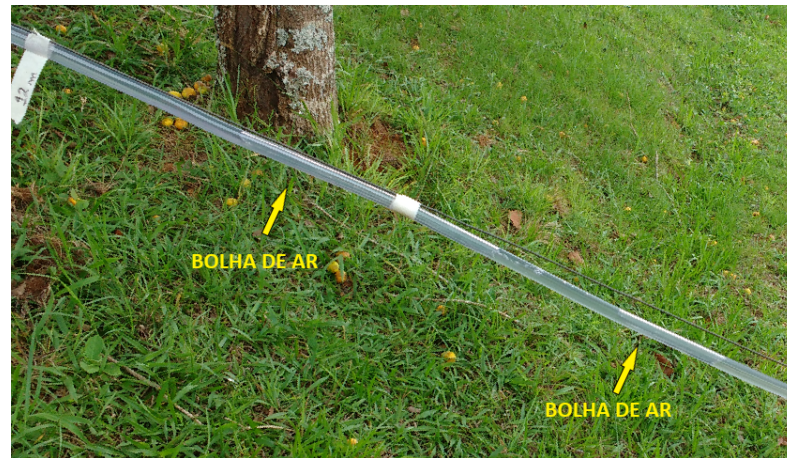
Fonte: Kassab e Basier (2005).

O gráfico da Figura 23 também mostra que inclinações maiores que 15 graus apresentam, relativamente, melhores condições de bombeamento. Mas este comportamento não é linear, já que a melhor condição foi obtida para inclinação de 30 graus.

A altura de elevação (H_t), resulta da soma das diferenças de níveis de água nas espiras do helicoide (H_h), com o efeito de bombeamento por ar (H_s), causado pelo fluxo das bolhas de ar na mangueira de saída, mostrado na Figuras 25.

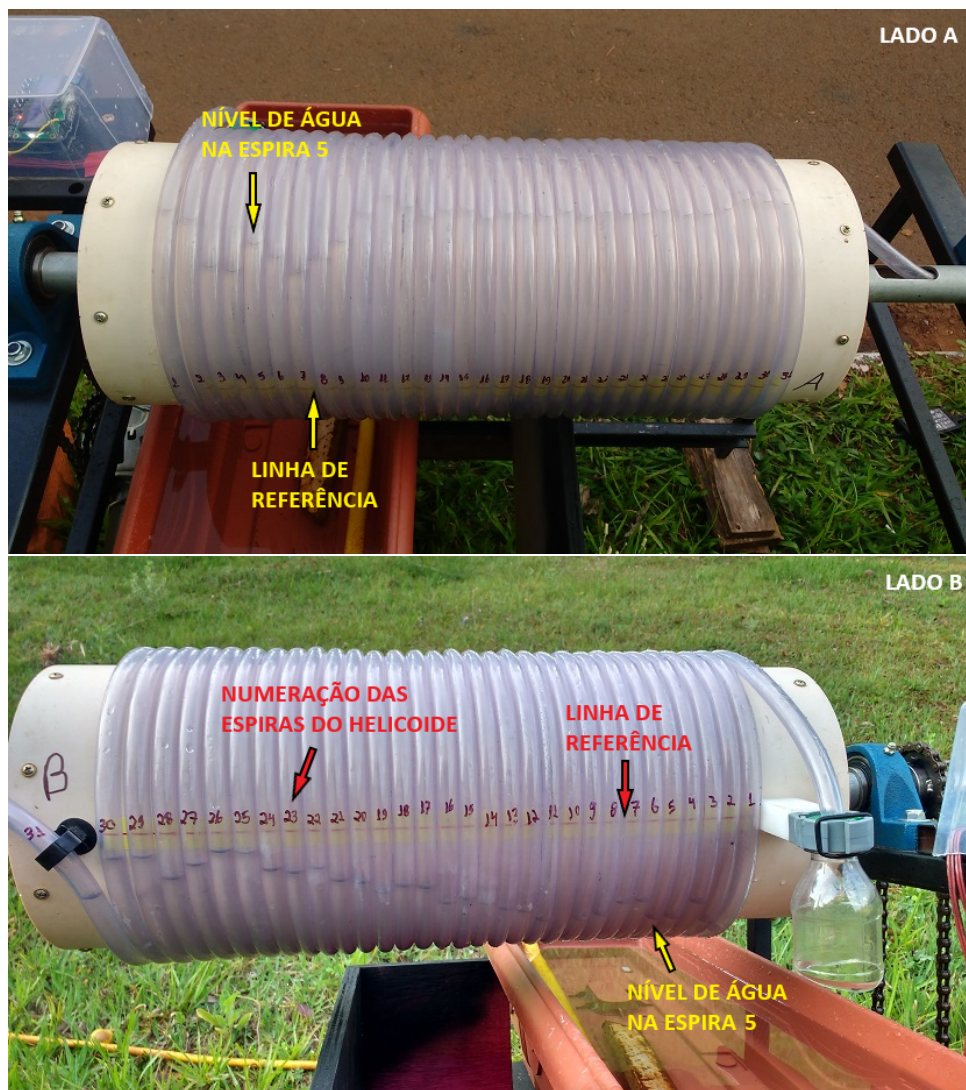
Observe na Figura 26 que cada lado da espira (A e B), fornecem um comprimento de arco, entre a linha de referência e o nível da água, que posteriormente é convertido nas alturas correspondentes HA e HB .

Figura 25 – Efeito de bombeamento por ar



Fonte: Autoria Própria.

Figura 26 – Lado A e Lado B da bomba

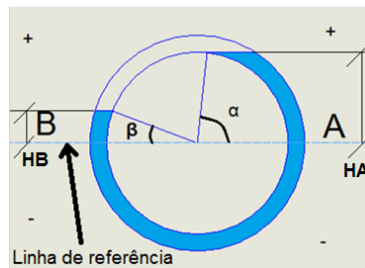


Fonte: Autoria Própria.

Com os dados, foi possível mensurar a contribuição da espira do helicoide na altura máxima, a Figura 26, mostra a referência de medição utilizada. Os dados obtidos, na rotação de 15 rpm são mostrados na Figura 28.

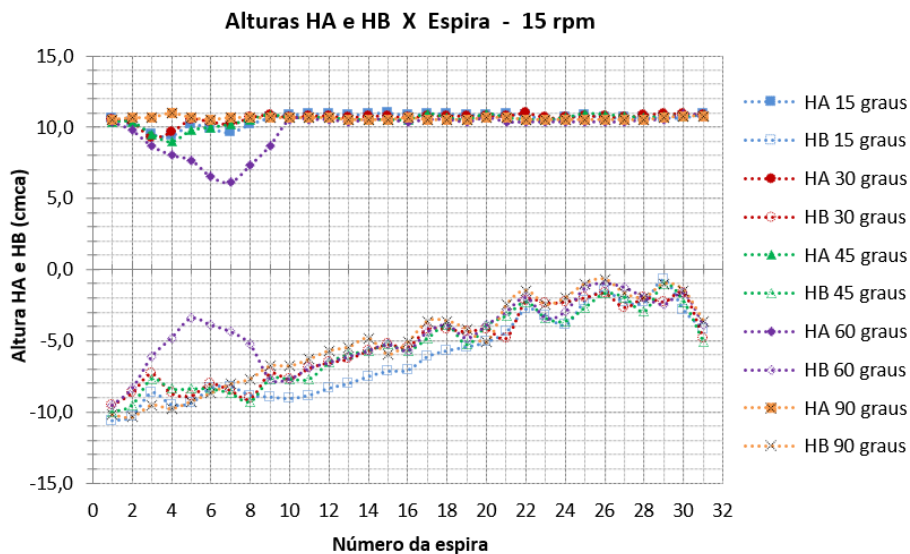
No gráfico da Figura 28 fica claro que a inclinação de subida não interfere no comportamento da água dentro do helicoide da bomba. Além disso, é possível identificar que todas as voltas do helicoide contribuem para no bombeamento. As primeiras espiras apresentam maior diferença entre os níveis da água ($HA - HB$). Isso pode ser explicado pela compressão do ar, dentro da espira do helicoide e o extravasamento da água de uma espira para outra ocorre a cada volta. A Figura 29, mostra a evolução da pressão em cada espira do helicoide.

Figura 27 – Alturas HA e HB da espira do helicoide



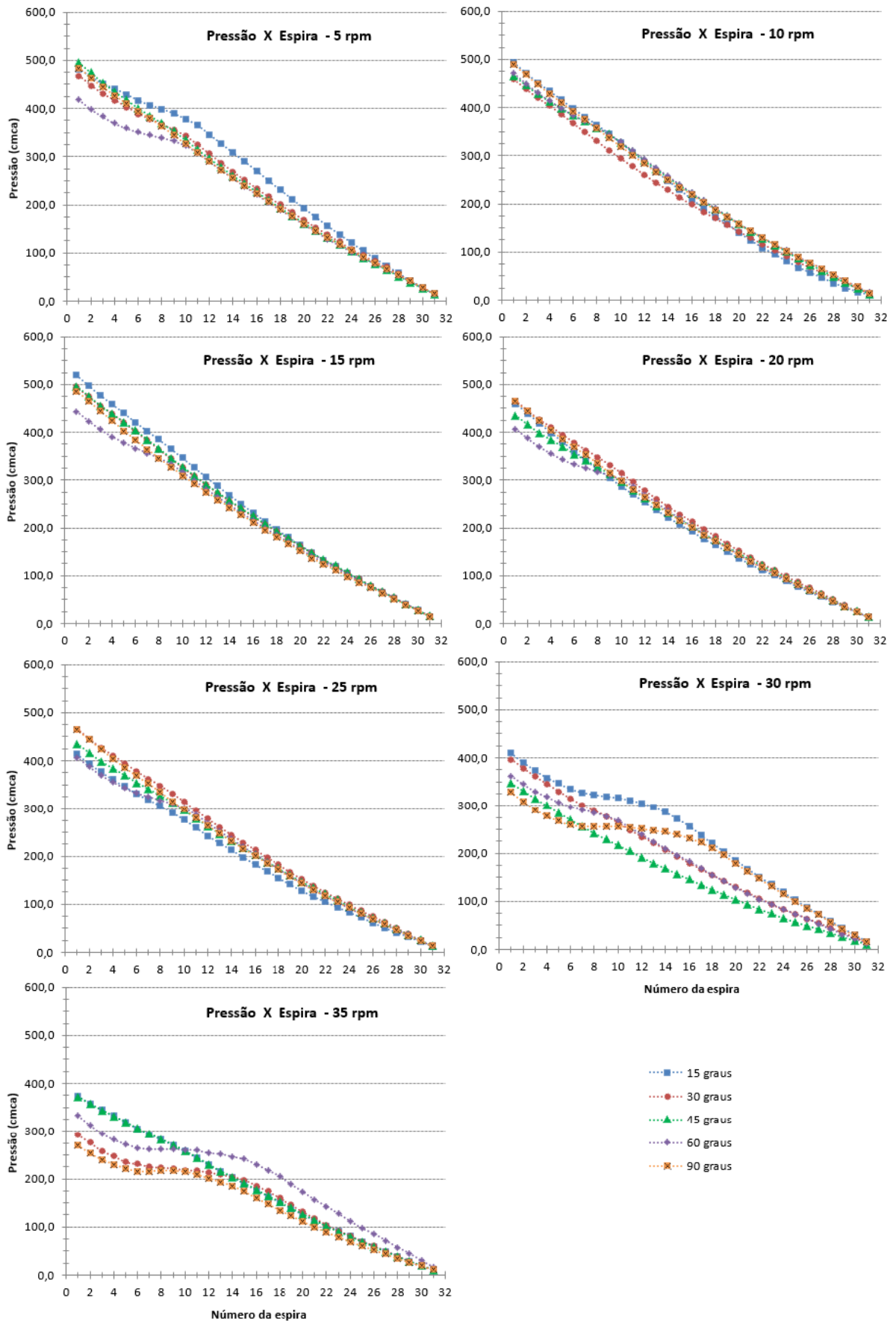
Fonte: Autoria Própria.

Figura 28 – Alturas HA e HB para cada espira do helicoide na rotação de 15 rpm



Fonte: Autoria Própria.

Figura 29 – Pressão acumulada por espira do helicóide (cmca)

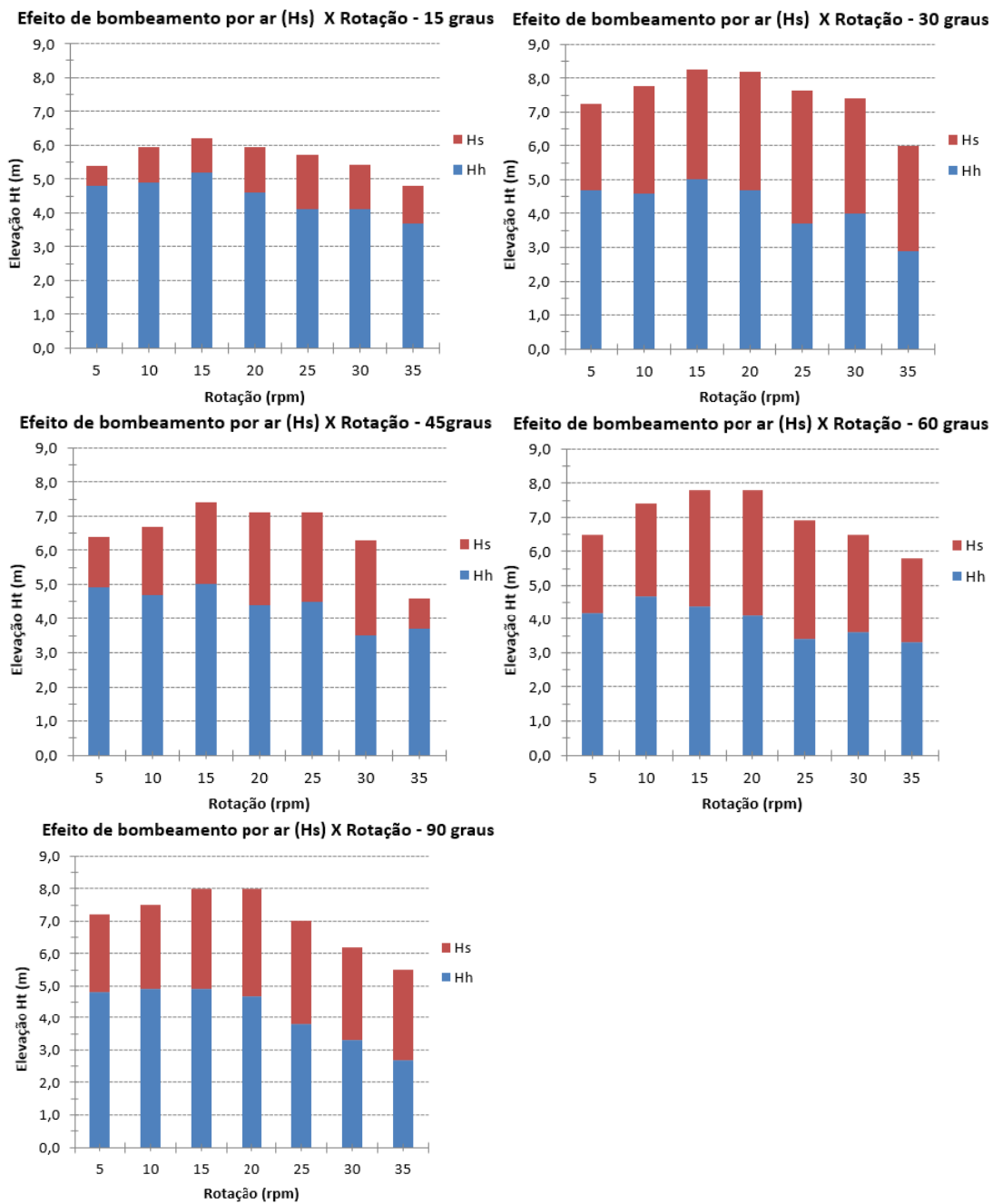


Fonte: Autoria Própria.

Observe que para rotação do tambor de 5 a 25 rpm, a pressão é praticamente linear a partir da 12ª espira, independente do ângulo de inclinação.

O ponto com maior altura de elevação obtida no experimento foi de 8,3 metros. A soma das alturas de colunas d'água no helicóide foi 4,95 metros. Pode-se concluir que 3,35 metros correspondem a contribuição do efeito de bombeamento por ar causado pelo fluxo das bolhas de ar. A figura a seguir mostra a contribuição do efeito de bombeamento por ar para cada situação ensaiada nos experimentos.

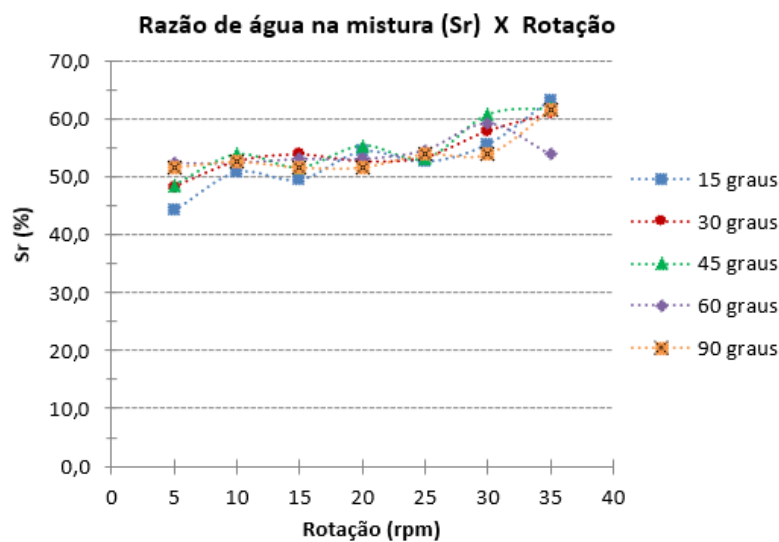
Figura 30 – Contribuição de Hs e Hh na altura de elevação Ht



Fonte: Autoria Própria.

No experimento havia, previamente, estabelecido que a fração de água a ser admitida em cada volta da bomba, seria de 50% do volume possível por volta do helicóide. Mortimer e Annable (1984) cita esta fração (S_r), como sendo a que apresenta os melhores resultados na altura de elevação. Para isso, o nível da água do reservatório permaneceu fixo, para que a cada volta, o bocal da bomba captasse o fração correspondente, $S_r = 0,5$. Porém, os efeitos da velocidade de entrada do bocal na água não foram considerados, gerando assim, uma variação no valor de S_r , como é demonstrado na Figura 31, esta variação ocorreu para as rotações de 5, 30 e 35 rpm. Note que para $S_r = 1$ ou $S_r = 0$, não há fluxo. O bombeamento da água é devido a presença de ar no helicóide da bomba. No caso de $S_r = 1$ tem-se somente líquido, e para $S_r = 0$ terá somente ar.

Figura 31 – Fração S_r para as diferentes rotações



Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 32, pode-se notar que a vazão não é influenciada pelo ângulo de inclinação e somente pela rotação do tambor da bomba.

A vazão da bomba de mangueira helicoidal, desprezando a espessura da mangueira do helicóide, pode ser calculada como:

$$Q = 15\,000 S_r n_b (\pi d)^2 (D + d) \quad [\text{litros/hora}] \quad (4.1)$$

onde,

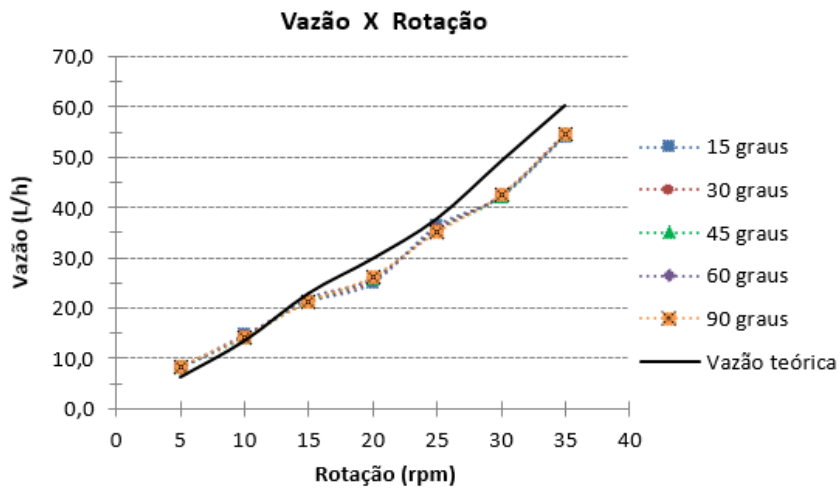
Q : vazão [L/h]

D : diâmetro do tambor da bomba [m]

d : diâmetro interno da mangueira do helicóide [m]

n_b : rotação da bomba [rpm]

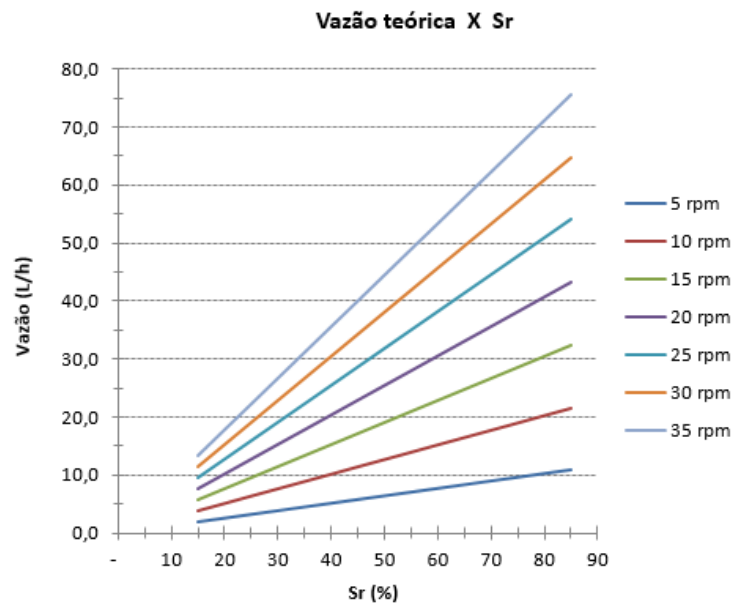
Figura 32 – Vazão em função da rotação



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 33 mostra que a vazão depende da rotação e da fração de água, mas não necessariamente precisa ocorrer simultaneamente. Como visto anteriormente, quanto maior a vazão menor será a altura de elevação, já que as bolhas de ar na mangueira será menor. Uma alternativa seria aumentar o número de espiras da bomba para armazenar maior quantidade de ar no helicóide da bomba.

Figura 33 – Comportamento da vazão teórica



Fonte: Autoria Própria.

4.1 Comparativo: vazão teórica e vazão real

Na cidade de Verê, Paraná, está sendo utilizada este tipo de bomba, conforme Figura 34. Foram construídos três protótipos mostrados nas Figuras 35, 36, 37 e 38, utilizando materiais de reciclagem, a bomba está instalada no Rio Chopin. A propriedade rural utiliza a bomba de mangueira helicoidal para abastecer um reservatório a 35 metros acima do leito do rio. A água do reservatório, então, é distribuída para dessedentação de animais e cultivo de hortaliças, praticando a agricultura familiar.

Figura 34 – Propriedade rural beneficiada



Fonte: Google Maps (2019).

Figura 35 – Primeiro protótipo da bomba



Fonte: Autoria Própria.

Figura 36 – Preparação do segundo protótipo da bomba

Fonte: Autoria Própria.

Figura 37 – Segundo protótipo da bomba em teste

Fonte: Aatoria Própria.

Figura 38 – Terceiro protótipo da bomba em funcionamento



Fonte: Aatoria Própria.

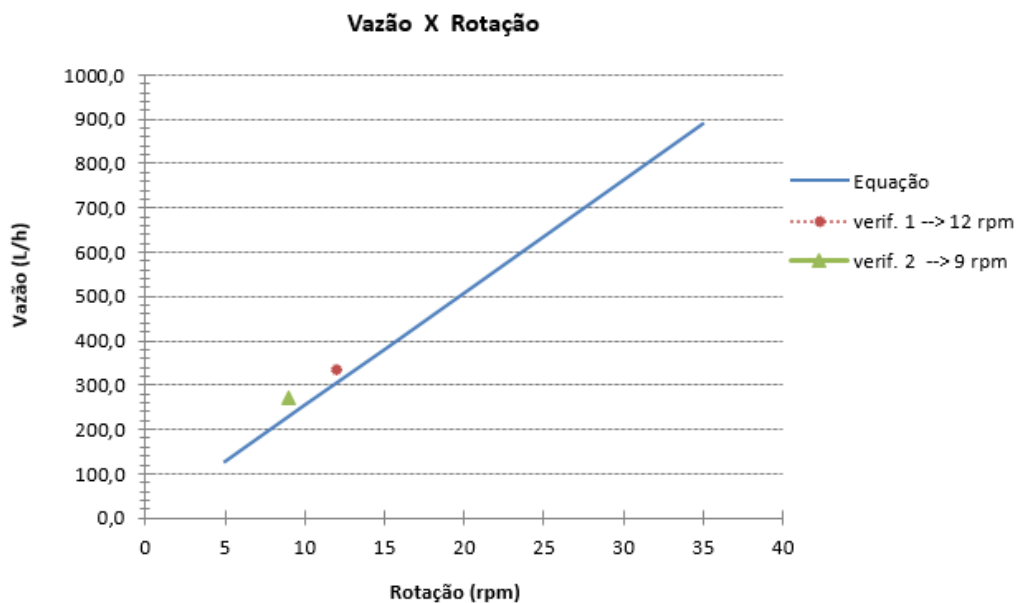
O terceiro protótipo da bomba de mangueira helicoidal, em funcionamento, tem as seguintes especificações:

- número de espiras do helicoide: $n = 75$
- diâmetro do tambor da bomba: $D = 1 \text{ m}$

- diâmetro interno da mangueira do helicóide: $d = 17,5$ mm
- vazão média diária: $Q = 7\ 200$ L/dia

As medições feitas no terceiro protótipo, nas rotações de 9 e 12 rpm, com $Sr = 0,56$, obteve vazões que estão indicadas na Figura 39.

Figura 39 – Comparação de vazão teórica e real



Fonte: Autoria Própria.

Todos os objetivos propostos neste trabalho foram atingidos. A bomba de mangueira helicoidal mostrou-se um equipamento viável, com alta aplicabilidade no fornecimento de água para pequenas propriedades rurais. Além disso, possibilita bombear água há uma altura de elevação considerável, por mais que entregue uma vazão relativamente baixa, a bomba pode funcionar 24 horas por dia, utilizando somente a água corrente do rio para o seu funcionamento.

REFERÊNCIAS

- BELCHER, A. E. Coil pump - recovery of revenues lost to fish passage. **Proceedings of the International Conference on Hydropower**, n. 95, p. 1–12, 1972.
- BLOG MASTER WELKER. **Controlador DC**. 2020. Disponível em: <[https://blogmasterwalkershop.com.br/outros/ utilizando-o-controlador-pwm-6v-a-28v-3a-para-motor-dc/](https://blogmasterwalkershop.com.br/outros/utilizando-o-controlador-pwm-6v-a-28v-3a-para-motor-dc/)>. Acesso em: 25 Abr. 2020.
- GOOGLE MAPS. **Google maps**. 2019. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-25.7580949,-52.9633897,988m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 17 Abr. 2019.
- KASSAB, A. A. A. N. S. Z.; BASIER, E. S. I. A. Coil pump performance under variable operating conditions. **Ninth international water tecnologi conference**, v. 9, n. 1, p. 655–672, 2005.
- KASSAB, A. A. A. N. S. Z.; BASIER, E. S. I. A. Performance of multi-layers coil pump. **tenth international water tecnologi conference**, v. 10, n. 1, p. 431–445, 2006.
- LURKERTECH. **The Spiral Pump**. 2019. Disponível em: <<https://lurkertech.com/water/pump/tailler/>>. Acesso em: julho de 2019.
- MORTIMER, G.; ANNABLE, R. The coil pump - theory and practice. **Journal of Hydraulic Research**, v. 22, n. 1, p. 9–22, 1984.
- PATENT PENDING - COM ALTERAÇÃO. **Coil Pump**. 2019. Disponível em: <https://patentpending.blogs.com/patent_pending_blog/2015/03/the-wirst-water-pump-spiral-pump-and-coil-pump.html>. Acesso em: julho de 2019.
- SALCAS. **Manômetro coluna de tubo em U**. 2020. Disponível em: <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/instrumentacao/salcas/produtos/instrumentacao/manometro-coluna-de-tubo-em-u>>. Acesso em: 17 Mai. 2021.
- SLIDE PLAYER. **Parafuso de Archimedes na versão de Leonardo da Vinci**. 2019. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/7313809/>>. Acesso em: julho de 2019.
- WIKIPÉDIA. **Parafuso de Archimedes**. 2019. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Archimedes_screw.JPG>. Acesso em: julho de 2019.

Apêndices

APÊNDICE A – CÓDIGO ARDUINO

Figura 40 – Código arduino

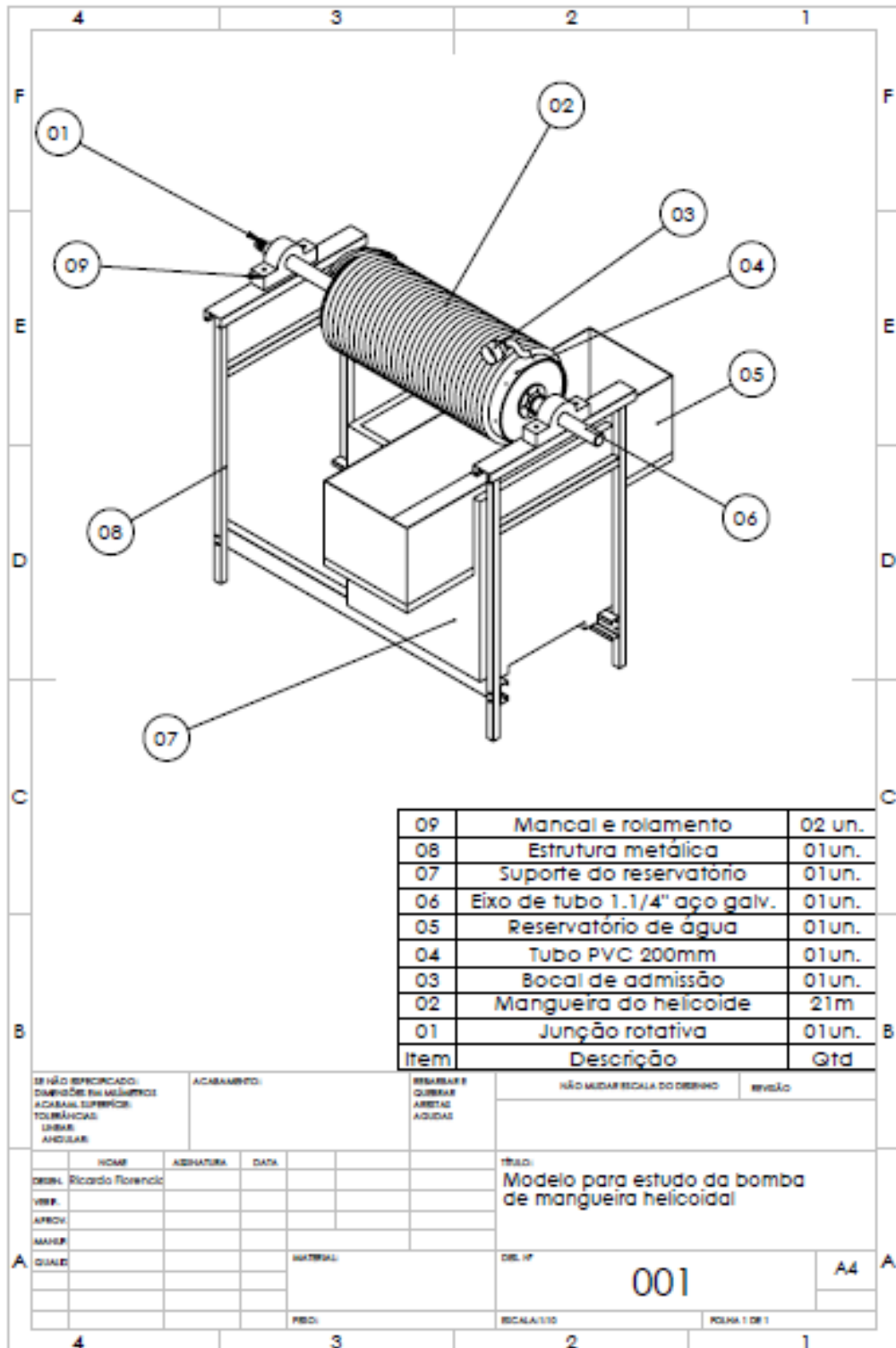
```
int botao = A1;
int aux_botao;
volatile byte pulsos;
unsigned long timeold;
unsigned int pulsos_por_volta = 20;
int rpm;
void setup()
{
  pinMode(botao, INPUT);
  pulsos = 0;
  rpm = 0;
  timeold = 0;
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  aux_botao = analogRead(botao);
  //Serial.print(aux_botao);
  if(aux_botao >= 1000)
  {
    pulsos++;
  }
  Serial.println(pulsos);
  if (millis() - timeold >= 1000)
  {
    rpm = (60 * 1000 / pulsos_por_volta ) / (millis() - timeold) * pulsos;
    timeold = millis();
    pulsos = 0;
  }
  // Serial.print("RPM = ");
  //Serial.println(rpm);
  delay(100);
}
```

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE B – MODELO PARA ESTUDO DA BOMBA DE MANGUEIRA HELICOIDAL

Figura 41 – Bomba de mangueira helicoidal



Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE C – DADOS DE VAZÃO E ALTURA MÁXIMA

Figura 42 – Dados de vazão e altura máxima Ht coletados em 15 graus.

inclinação (graus)	rotação (rpm)	altura maxima Ht (m)	vazão (litros/hora)
15,0	5,0	5,4	8,2
15,0	5,0	5,4	8,3
15,0	5,0	5,4	8,2
15,0	5,0	5,4	8,2
15,0	5,0	5,4	8,2
15,0	10,0	6,0	14,6
15,0	10,0	6,0	14,8
15,0	10,0	6,0	14,6
15,0	10,0	6,0	14,9
15,0	15,0	6,2	21,1
15,0	15,0	6,2	21,1
15,0	15,0	6,2	21,2
15,0	15,0	6,2	21,2
15,0	20,0	6,0	24,9
15,0	20,0	6,0	25,0
15,0	20,0	6,0	25,3
15,0	20,0	6,0	24,8
15,0	25,0	5,7	36,4
15,0	25,0	5,7	36,0
15,0	25,0	5,7	36,4
15,0	25,0	5,7	36,2
15,0	30,0	5,4	42,0
15,0	30,0	5,4	42,2
15,0	30,0	5,4	41,8
15,0	30,0	5,4	42,0
15,0	35,0	4,8	53,8
15,0	35,0	4,8	54,0
15,0	35,0	4,8	54,0
15,0	35,0	4,8	54,2

Fonte: Autoria própria.

Figura 43 – Dados de vazão e altura máxima Ht coletados em 30 graus.

inclinação (graus)	rotação (rpm)	altura maxima (m)	vazão (litros/hora)
30	5	7,3	8,2
30	5	7,3	8,1
30	5	7,3	8,2
30	10	7,8	14,4
30	10	7,8	14,8
30	10	7,8	14,5
30	15	8,3	21,3
30	15	8,3	21,4
30	15	8,3	21,2
30	20	8,2	25,7
30	20	8,2	25,4
30	20	8,2	25,2
30	25	7,7	35,6
30	25	7,7	35,8
30	25	7,7	36,2
30	30	7,4	42,0
30	30	7,4	42,3
30	30	7,4	42,2
30	35	6,0	54,9
30	35	6,0	54,6
30	35	6,0	54,4

Fonte: Autoria própria.

Figura 44 – Dados de vazão e altura máxima Ht coletados em 45 graus.

inclinação (graus)	rotação (rpm)	altura maxima (m)	vazão (litros/hora)
45	5	6,4	8,4
45	5	6,4	8,1
45	5	6,4	8,2
45	10	6,7	14,0
45	10	6,7	14,2
45	10	6,7	14,7
45	15	7,4	22,0
45	15	7,4	21,5
45	15	7,4	21,1
45	20	7,1	26,0
45	20	7,1	26,2
45	20	7,1	25,8
45	25	7,1	34,8
45	25	7,1	36,3
45	25	7,1	35,5
45	30	6,3	43,0
45	30	6,3	42,0
45	30	6,3	42,2
45	35	4,6	55,4
45	35	4,6	54,0
45	35	4,6	54,5

Fonte: Autoria própria.

Figura 45 – Dados de vazão e altura máxima Ht coletados em 60 graus.

inclinação (graus)	rotação (rpm)	altura maxima (m)	vazão (litros/hora)
45	5	6,5	8,5
45	5	6,5	8,0
45	5	6,5	8,1
45	10	7,4	14,5
45	10	7,4	14,3
45	10	7,4	14,0
45	15	7,8	21,8
45	15	7,8	22,0
45	15	7,8	22,2
45	20	7,8	25,8
45	20	7,8	25,5
45	20	7,8	26,0
45	25	6,9	35,3
45	25	6,9	35,8
45	25	6,9	35,5
45	30	6,5	42,5
45	30	6,5	42,7
45	30	6,5	41,8
45	35	5,8	54,2
45	35	5,8	54,8
45	35	5,8	54,5

Fonte: Autoria própria.

Figura 46 – Dados de vazão e altura máxima Ht coletados em 90 graus.

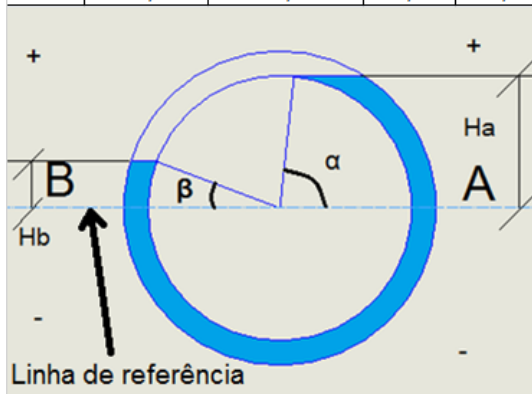
inclinação (graus)	rotação (rpm)	altura maxima (m)	vazão (litros/hora)
90	5	7,2	8,3
90	5	7,2	8,0
90	5	7,2	8,5
90	10	7,5	14,3
90	10	7,5	14,2
90	10	7,5	14,7
90	15	8,0	21,2
90	15	8,0	22,0
90	15	8,0	22,1
90	20	8,0	25,8
90	20	8,0	26,2
90	20	8,0	26,0
90	25	7,0	35,0
90	25	7,0	35,7
90	25	7,0	35,5
90	30	6,2	42,2
90	30	6,2	42,5
90	30	6,2	42,0
90	35	5,5	54,5
90	35	5,5	54,2
90	35	5,5	54,8

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE D – DADOS COLETADOS

Figura 47 – Dados coletados para inclinação de 15 graus e rotação de 5 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	7,7	-11,5	0,7	-1,0	7,1	-9,5	16,6
2	6,7	-9,0	0,6	-0,8	6,3	-8,0	14,3
3	4,0	-6,7	0,4	-0,6	3,9	-6,3	10,2
4	4,0	-8,5	0,4	-0,8	3,9	-7,7	11,6
5	5,7	-8,3	0,5	-0,8	5,4	-7,5	13,0
6	3,9	-6,0	0,4	-0,5	3,8	-5,7	9,5
7	2,7	-5,8	0,2	-0,5	2,7	-5,5	8,2
8	2,7	-6,7	0,2	-0,6	2,7	-6,3	9,0
9	4,6	-8,0	0,4	-0,7	4,5	-7,3	11,8
10	7,5	-5,9	0,7	-0,5	6,9	-5,6	12,6
11	10,0	-13,2	0,9	-1,2	8,7	-10,3	18,9
12	10,7	-12,7	1,0	-1,2	9,1	-10,1	19,2
13	10,0	-12,5	0,9	-1,1	8,7	-10,0	18,7
14	11,0	-11,0	1,0	-1,0	9,3	-9,3	18,5
15	11,5	-11,4	1,0	-1,0	9,5	-9,5	19,0
16	13,5	-12,7	1,2	-1,2	10,4	-10,1	20,4
17	15,0	-9,7	1,4	-0,9	10,8	-8,5	19,3
18	14,3	-9,4	1,3	-0,9	10,6	-8,3	18,9
19	14,3	-9,5	1,3	-0,9	10,6	-8,4	19,0
20	14,3	-8,7	1,3	-0,8	10,6	-7,8	18,4
21	14,3	-8,7	1,3	-0,8	10,6	-7,8	18,4
22	14,3	-6,9	1,3	-0,6	10,6	-6,5	17,1
23	13,7	-7,0	1,2	-0,6	10,4	-6,5	17,0
24	14,3	-7,2	1,3	-0,7	10,6	-6,7	17,3
25	14,3	-5,2	1,3	-0,5	10,6	-5,0	15,6
26	14,3	-5,0	1,3	-0,5	10,6	-4,8	15,4
27	14,3	-4,8	1,3	-0,4	10,6	-4,6	15,2
28	13,7	-5,4	1,2	-0,5	10,4	-5,2	15,6
29	13,5	-3,5	1,2	-0,3	10,4	-3,4	13,8
30	13,6	-2,7	1,2	-0,2	10,4	-2,7	13,1
31	13,0	-6,2	1,2	-0,6	10,2	-5,9	16,1
Total Ht (cm)							481,5
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							44,2%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

Figura 48 – Dados coletados para inclinação de 15 graus e rotação de 10 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,0	-13,5	1,3	-1,2	10,5	-10,4	20,9
2	14,0	-12,0	1,3	-1,1	10,5	-9,8	20,3
3	11,0	-9,5	1,0	-0,9	9,3	-8,4	17,6
4	10,5	-10,5	1,0	-1,0	9,0	-9,0	18,0
5	12,0	-10,5	1,1	-1,0	9,8	-9,0	18,7
6	11,0	-8,7	1,0	-0,8	9,3	-7,8	17,1
7	9,7	-8,7	0,9	-0,8	8,5	-7,8	16,3
8	11,0	-9,7	1,0	-0,9	9,3	-8,5	17,7
9	12,0	-11,0	1,1	-1,0	9,8	-9,3	19,0
10	14,7	-11,3	1,3	-1,0	10,7	-9,4	20,1
11	14,7	-10,5	1,3	-1,0	10,7	-9,0	19,7
12	15,0	-11,5	1,4	-1,0	10,8	-9,5	20,3
13	14,3	-9,7	1,3	-0,9	10,6	-8,5	19,1
14	14,7	-9,7	1,3	-0,9	10,7	-8,5	19,2
15	15,3	-9,2	1,4	-0,8	10,8	-8,2	19,0
16	14,5	-8,7	1,3	-0,8	10,7	-7,8	18,5
17	15,0	-7,5	1,4	-0,7	10,8	-6,9	17,7
18	15,0	-4,7	1,4	-0,4	10,8	-4,6	15,3
19	14,5	-7,5	1,3	-0,7	10,7	-6,9	17,6
20	15,2	-6,5	1,4	-0,6	10,8	-6,1	16,9
21	14,7	-4,5	1,3	-0,4	10,7	-4,4	15,1
22	14,4	-2,9	1,3	-0,3	10,6	-2,9	13,5
23	13,5	-3,6	1,2	-0,3	10,4	-3,5	13,9
24	13,7	-2,8	1,2	-0,3	10,4	-2,8	13,2
25	13,5	-0,7	1,2	-0,1	10,4	-0,7	11,1
26	13,3	-0,6	1,2	-0,1	10,3	-0,6	10,9
27	13,0	-0,4	1,2	0,0	10,2	-0,4	10,6
28	12,5	-0,3	1,1	0,0	10,0	-0,3	10,3
29	12,0	1,7	1,1	0,2	9,8	1,7	8,1
30	11,5	3,0	1,0	0,3	9,5	3,0	6,6
31	10,7	-1,5	1,0	-0,1	9,1	-1,5	10,6
Total Ht (cm)							492,6
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							50,8%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

Figura 49 – Dados coletados para inclinação de 15 graus e rotação de 15 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,2	-14,5	1,3	-1,3	10,6	-10,7	21,2
2	13,5	-13,5	1,2	-1,2	10,4	-10,4	20,7
3	11,5	-10,0	1,0	-0,9	9,5	-8,7	18,2
4	11,2	-11,5	1,0	-1,0	9,4	-9,5	18,9
5	13,0	-11,3	1,2	-1,0	10,2	-9,4	19,6
6	12,3	-9,5	1,1	-0,9	9,9	-8,4	18,3
7	11,7	-9,3	1,1	-0,8	9,6	-8,2	17,8
8	13,0	-10,3	1,2	-0,9	10,2	-8,9	19,0
9	14,5	-10,5	1,3	-1,0	10,7	-9,0	19,6
10	15,5	-10,7	1,4	-1,0	10,9	-9,1	19,9
11	15,7	-10,3	1,4	-0,9	10,9	-8,9	19,7
12	16,0	-9,5	1,5	-0,9	10,9	-8,4	19,3
13	15,3	-9,0	1,4	-0,8	10,8	-8,0	18,9
14	16,0	-8,3	1,5	-0,8	10,9	-7,5	18,5
15	16,5	-7,8	1,5	-0,7	11,0	-7,2	18,1
16	15,3	-7,7	1,4	-0,7	10,8	-7,1	17,9
17	16,0	-6,5	1,5	-0,6	10,9	-6,1	17,1
18	16,0	-6,0	1,5	-0,5	10,9	-5,7	16,6
19	15,5	-5,7	1,4	-0,5	10,9	-5,4	16,3
20	15,5	-5,3	1,4	-0,5	10,9	-5,1	16,0
21	15,7	-4,5	1,4	-0,4	10,9	-4,4	15,3
22	15,3	-2,8	1,4	-0,3	10,8	-2,8	13,6
23	14,0	-3,3	1,3	-0,3	10,5	-3,3	13,8
24	14,5	-4,0	1,3	-0,4	10,7	-3,9	14,6
25	15,2	-2,2	1,4	-0,2	10,8	-2,2	13,0
26	14,5	-1,5	1,3	-0,1	10,7	-1,5	12,1
27	14,5	-2,3	1,3	-0,2	10,7	-2,3	12,9
28	14,5	-2,3	1,3	-0,2	10,7	-2,3	12,9
29	14,5	-0,7	1,3	-0,1	10,7	-0,7	11,4
30	14,5	-2,9	1,3	-0,3	10,7	-2,9	13,5
31	16,0	-4,3	1,5	-0,4	10,9	-4,2	15,1
Total Ht (cm)							519,8
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							49,5%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

Figura 50 – Dados coletados para inclinação de 15 graus e rotação de 20 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,2	-11,3	1,3	-1,0	10,6	-9,4	20,0
2	14,0	-12,5	1,3	-1,1	10,5	-10,0	20,5
3	15,4	-11,0	1,4	-1,0	10,8	-9,3	20,1
4	15,0	-9,5	1,4	-0,9	10,8	-8,4	19,1
5	14,5	-10,7	1,3	-1,0	10,7	-9,1	19,7
6	15,0	-10,0	1,4	-0,9	10,8	-8,7	19,4
7	15,0	-8,3	1,4	-0,8	10,8	-7,5	18,3
8	14,5	-8,3	1,3	-0,8	10,7	-7,5	18,2
9	15,0	-7,0	1,4	-0,6	10,8	-6,5	17,3
10	15,0	-6,7	1,4	-0,6	10,8	-6,3	17,1
11	15,0	-6,3	1,4	-0,6	10,8	-6,0	16,7
12	15,2	-5,5	1,4	-0,5	10,8	-5,3	16,1
13	14,5	-5,2	1,3	-0,5	10,7	-5,0	15,7
14	15,3	-3,9	1,4	-0,4	10,8	-3,8	14,6
15	15,2	-3,9	1,4	-0,4	10,8	-3,8	14,6
16	14,3	-3,9	1,3	-0,4	10,6	-3,8	14,4
17	15,0	-2,9	1,4	-0,3	10,8	-2,9	13,6
18	14,7	-2,7	1,3	-0,2	10,7	-2,7	13,4
19	14,7	-3,2	1,3	-0,3	10,7	-3,2	13,9
20	15,3	-2,0	1,4	-0,2	10,8	-2,0	12,8
21	14,5	-1,5	1,3	-0,1	10,7	-1,5	12,1
22	14,5	-0,2	1,3	0,0	10,7	-0,2	10,9
23	13,7	-1,5	1,2	-0,1	10,4	-1,5	11,9
24	15,3	-1,1	1,4	-0,1	10,8	-1,1	11,9
25	15,0	0,0	1,4	0,0	10,8	0,0	10,8
26	14,5	0,2	1,3	0,0	10,7	0,2	10,5
27	14,5	0,2	1,3	0,0	10,7	0,2	10,5
28	14,0	-0,5	1,3	0,0	10,5	-0,5	11,0
29	14,7	1,0	1,3	0,1	10,7	1,0	9,7
30	14,7	0,0	1,3	0,0	10,7	0,0	10,7
31	15,0	-3,4	1,4	-0,3	10,8	-3,3	14,1
Total Ht (cm)							459,6
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							54,4%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

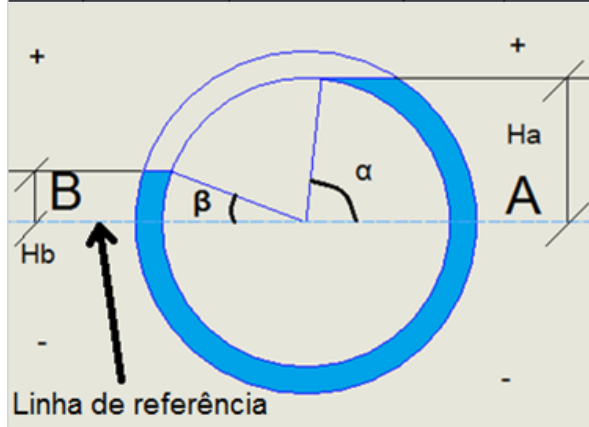
Figura 51 – Dados coletados para inclinação de 15 graus e rotação de 25 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Uma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,7	-12,0	1,2	-1,1	10,4	-9,8	20,2
2	13,5	-6,7	1,2	-0,6	10,4	-6,3	16,7
3	10,5	-8,0	1,0	-0,7	9,0	-7,3	16,3
4	10,5	-5,7	1,0	-0,5	9,0	-5,4	14,4
5	10,7	-6,0	1,0	-0,5	9,1	-5,7	14,8
6	11,7	-3,5	1,1	-0,3	9,6	-3,4	13,1
7	10,5	-4,0	1,0	-0,4	9,0	-3,9	12,9
8	11,5	-5,0	1,0	-0,5	9,5	-4,8	14,3
9	12,3	-5,5	1,1	-0,5	9,9	-5,3	15,2
10	14,0	-6,0	1,3	-0,5	10,5	-5,7	16,2
11	15,0	-7,7	1,4	-0,7	10,8	-7,1	17,9
12	15,0	-4,0	1,4	-0,4	10,8	-3,9	14,7
13	14,0	-4,5	1,3	-0,4	10,5	-4,4	14,9
14	15,3	-4,2	1,4	-0,4	10,8	-4,1	14,9
15	15,3	-4,5	1,4	-0,4	10,8	-4,4	15,2
16	14,0	-3,5	1,3	-0,3	10,5	-3,4	14,0
17	14,5	-3,3	1,3	-0,3	10,7	-3,3	13,9
18	15,0	-2,5	1,4	-0,2	10,8	-2,5	13,2
19	15,0	-3,0	1,4	-0,3	10,8	-3,0	13,7
20	15,3	-1,5	1,4	-0,1	10,8	-1,5	12,3
21	14,3	0,3	1,3	0,0	10,6	0,3	10,3
22	14,7	-0,5	1,3	0,0	10,7	-0,5	11,2
23	13,5	-0,3	1,2	0,0	10,4	-0,3	10,7
24	13,7	-0,3	1,2	0,0	10,4	-0,3	10,7
25	14,5	-0,3	1,3	0,0	10,7	-0,3	11,0
26	14,5	-0,3	1,3	0,0	10,7	-0,3	11,0
27	14,0	0,7	1,3	0,1	10,5	0,7	9,8
28	14,0	2,0	1,3	0,2	10,5	2,0	8,5
29	14,0	0,3	1,3	0,0	10,5	0,3	10,2
30	14,0	1,5	1,3	0,1	10,5	1,5	9,0
31	14,0	-2,5	1,3	-0,2	10,5	-2,5	13,0
Total Ht (cm)							414,1
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							52,6%
Legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

Figura 52 – Dados coletados para inclinação de 15 graus e rotação de 30 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicoide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,7	-10,0	1,2	-0,9	10,4	-8,7	19,1
2	12,5	-7,5	1,1	-0,7	10,0	-6,9	16,9
3	13,0	-5,0	1,2	-0,5	10,2	-4,8	15,0
4	7,3	-5,3	0,7	-0,5	6,8	-5,1	11,9
5	8,3	-4,5	0,8	-0,4	7,5	-4,4	11,9
6	6,3	-1,3	0,6	-0,1	6,0	-1,3	7,3
7	4,0	-0,7	0,4	-0,1	3,9	-0,7	4,6
8	3,5	-0,3	0,3	0,0	3,4	-0,3	3,7
9	2,7	-0,1	0,2	0,0	2,7	-0,1	2,8
10	4,0	-1,3	0,4	-0,1	3,9	-1,3	5,2
11	5,0	-1,3	0,5	-0,1	4,8	-1,3	6,1
12	6,3	-2,7	0,6	-0,2	6,0	-2,7	8,6
13	6,7	-4,3	0,6	-0,4	6,3	-4,2	10,5
14	9,0	-6,5	0,8	-0,6	8,0	-6,1	14,2
15	12,0	-5,5	1,1	-0,5	9,8	-5,3	15,0
16	14,0	-8,5	1,3	-0,8	10,5	-7,7	18,2
17	14,5	-7,5	1,3	-0,7	10,7	-6,9	17,6
18	15,0	-7,0	1,4	-0,6	10,8	-6,5	17,3
19	15,0	-8,0	1,4	-0,7	10,8	-7,3	18,1
20	16,0	-7,5	1,5	-0,7	10,9	-6,9	17,9
21	16,0	-6,5	1,5	-0,6	10,9	-6,1	17,1
22	15,0	-4,7	1,4	-0,4	10,8	-4,6	15,3
23	15,0	-5,7	1,4	-0,5	10,8	-5,4	16,2
24	15,0	-5,7	1,4	-0,5	10,8	-5,4	16,2
25	15,0	-4,3	1,4	-0,4	10,8	-4,2	15,0
26	15,0	-3,5	1,4	-0,3	10,8	-3,4	14,2
27	14,7	-3,7	1,3	-0,3	10,7	-3,6	14,3
28	14,7	-4,5	1,3	-0,4	10,7	-4,4	15,1
29	15,0	-2,5	1,4	-0,2	10,8	-2,5	13,2
30	14,7	-3,0	1,3	-0,3	10,7	-3,0	13,7
31	15,0	-7,0	1,4	-0,6	10,8	-6,5	17,3
Total Ht (cm)							409,4
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							55,6%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicoide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

Figura 53 – Dados coletados para inclinação de 15 graus e rotação de 35 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,0	-5,3	1,3	-0,5	10,5	-5,1	15,6
2	13,5	-2,5	1,2	-0,2	10,4	-2,5	12,8
3	11,0	-3,5	1,0	-0,3	9,3	-3,4	12,7
4	11,3	-3,0	1,0	-0,3	9,4	-3,0	12,4
5	12,7	-4,5	1,2	-0,4	10,1	-4,4	14,4
6	12,0	-2,7	1,1	-0,2	9,8	-2,7	12,4
7	11,0	-1,5	1,0	-0,1	9,3	-1,5	10,8
8	11,5	-2,7	1,0	-0,2	9,5	-2,7	12,2
9	11,7	-3,0	1,1	-0,3	9,6	-3,0	12,6
10	13,5	-3,7	1,2	-0,3	10,4	-3,6	14,0
11	14,3	-3,7	1,3	-0,3	10,6	-3,6	14,2
12	15,0	-3,5	1,4	-0,3	10,8	-3,4	14,2
13	14,5	-1,5	1,3	-0,1	10,7	-1,5	12,1
14	15,0	-2,3	1,4	-0,2	10,8	-2,3	13,0
15	15,0	-2,5	1,4	-0,2	10,8	-2,5	13,2
16	15,0	-2,3	1,4	-0,2	10,8	-2,3	13,0
17	15,5	-1,5	1,4	-0,1	10,9	-1,5	12,4
18	16,0	-1,7	1,5	-0,2	10,9	-1,7	12,6
19	16,0	-2,2	1,5	-0,2	10,9	-2,2	13,1
20	16,0	-1,3	1,5	-0,1	10,9	-1,3	12,2
21	15,5	-0,4	1,4	0,0	10,9	-0,4	11,3
22	15,0	0,3	1,4	0,0	10,8	0,3	10,5
23	15,0	0,5	1,4	0,0	10,8	0,5	10,3
24	15,5	-0,4	1,4	0,0	10,9	-0,4	11,3
25	15,5	0,7	1,4	0,1	10,9	0,7	10,2
26	15,5	0,7	1,4	0,1	10,9	0,7	10,2
27	15,7	0,4	1,4	0,0	10,9	0,4	10,5
28	15,5	0,4	1,4	0,0	10,9	0,4	10,5
29	15,0	1,7	1,4	0,2	10,8	1,7	9,1
30	15,5	2,0	1,4	0,2	10,9	2,0	8,9
31	15,0	0,0	1,4	0,0	10,8	0,0	10,8
Total Ht (cm)							373,3
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = \sum H							
(Sr) -->							63,2%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

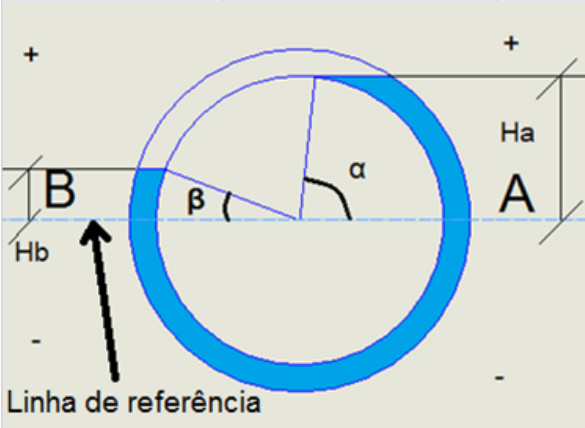
Fonte: Autoria própria.

Figura 54 – Dados coletados para inclinação de 30 graus e rotação de 5 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	11,5	-12,7	1,0	-1,2	9,5	-10,1	19,6
2	9,5	-11,5	0,9	-1,0	8,4	-9,5	17,9
3	7,3	-6,5	0,7	-0,6	6,8	-6,1	12,9
4	7,0	-8,0	0,6	-0,7	6,5	-7,3	13,9
5	8,5	-7,5	0,8	-0,7	7,7	-6,9	14,6
6	6,5	-5,3	0,6	-0,5	6,1	-5,1	11,2
7	5,7	-5,0	0,5	-0,5	5,4	-4,8	10,3
8	6,5	-5,8	0,6	-0,5	6,1	-5,5	11,7
9	6,5	-7,0	0,6	-0,6	6,1	-6,5	12,7
10	10,0	-10,7	0,9	-1,0	8,7	-9,1	17,8
11	13,0	-10,5	1,2	-1,0	10,2	-9,0	19,2
12	13,7	-9,5	1,2	-0,9	10,4	-8,4	18,8
13	13,5	-9,0	1,2	-0,8	10,4	-8,0	18,4
14	13,5	-7,7	1,2	-0,7	10,4	-7,1	17,4
15	13,7	-7,3	1,2	-0,7	10,4	-6,8	17,2
16	13,5	-7,5	1,2	-0,7	10,4	-6,9	17,3
17	13,3	-6,5	1,2	-0,6	10,3	-6,1	16,4
18	13,5	-5,7	1,2	-0,5	10,4	-5,4	15,8
19	13,5	-5,8	1,2	-0,5	10,4	-5,5	15,9
20	13,5	-5,3	1,2	-0,5	10,4	-5,1	15,5
21	13,5	-4,5	1,2	-0,4	10,4	-4,4	14,7
22	13,5	-5,0	1,2	-0,5	10,4	-4,8	15,2
23	14,0	-4,3	1,3	-0,4	10,5	-4,2	14,7
24	13,5	-3,5	1,2	-0,3	10,4	-3,4	13,8
25	13,7	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,4
26	13,0	-2,0	1,2	-0,2	10,2	-2,0	12,2
27	13,3	-3,0	1,2	-0,3	10,3	-3,0	13,3
28	14,0	-4,3	1,3	-0,4	10,5	-4,2	14,7
29	14,5	-2,3	1,3	-0,2	10,7	-2,3	12,9
30	15,0	-2,3	1,4	-0,2	10,8	-2,3	13,0
31	15,0	-5,7	1,4	-0,5	10,8	-5,4	16,2
Total Ht (cm)							467,4
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							48,2%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

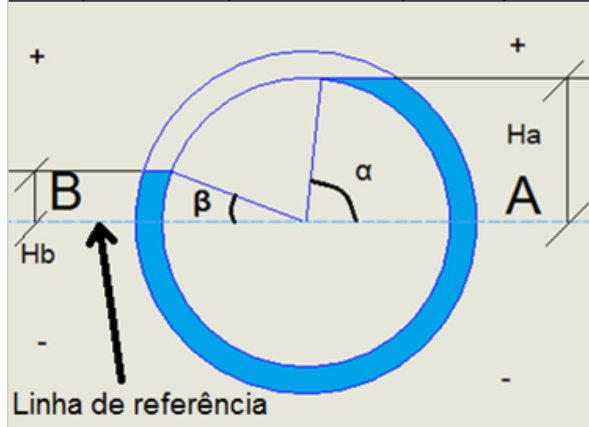
Figura 55 – Dados coletados para inclinação de 30 graus e rotação de 10 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,0	-11,3	1,2	-1,0	10,2	-9,4	19,6
2	12,7	-10,0	1,2	-0,9	10,1	-8,7	18,7
3	10,5	-7,5	1,0	-0,7	9,0	-6,9	15,9
4	11,0	-10,0	1,0	-0,9	9,3	-8,7	17,9
5	13,5	-9,7	1,2	-0,9	10,4	-8,5	18,8
6	13,0	-9,0	1,2	-0,8	10,2	-8,0	18,2
7	12,7	-9,7	1,2	-0,9	10,1	-8,5	18,6
8	14,0	-9,3	1,3	-0,8	10,5	-8,2	18,7
9	13,7	-7,2	1,2	-0,7	10,4	-6,7	17,1
10	13,5	-7,0	1,2	-0,6	10,4	-6,5	16,9
11	13,5	-7,0	1,2	-0,6	10,4	-6,5	16,9
12	13,7	-6,5	1,2	-0,6	10,4	-6,1	16,6
13	13,5	-5,2	1,2	-0,5	10,4	-5,0	15,4
14	13,5	-5,2	1,2	-0,5	10,4	-5,0	15,4
15	13,5	-4,7	1,2	-0,4	10,4	-4,6	14,9
16	13,7	-4,5	1,2	-0,4	10,4	-4,4	14,8
17	13,5	-3,3	1,2	-0,3	10,4	-3,3	13,6
18	13,5	-3,3	1,2	-0,3	10,4	-3,3	13,6
19	13,7	-3,4	1,2	-0,3	10,4	-3,3	13,8
20	13,5	-2,7	1,2	-0,2	10,4	-2,7	13,0
21	13,5	-2,7	1,2	-0,2	10,4	-2,7	13,0
22	13,5	-1,7	1,2	-0,2	10,4	-1,7	12,1
23	13,5	-2,5	1,2	-0,2	10,4	-2,5	12,8
24	14,3	-1,7	1,3	-0,2	10,6	-1,7	12,3
25	14,0	-0,5	1,3	0,0	10,5	-0,5	11,0
26	13,0	0,0	1,2	0,0	10,2	0,0	10,2
27	13,5	-0,2	1,2	0,0	10,4	-0,2	10,6
28	13,0	-1,0	1,2	-0,1	10,2	-1,0	11,2
29	13,7	-0,5	1,2	0,0	10,4	-0,5	10,9
30	14,5	-1,0	1,3	-0,1	10,7	-1,0	11,6
31	14,5	-3,3	1,3	-0,3	10,7	-3,3	13,9
					Total Ht (cm)		458,1
					Observações:		
					H = HA - HB		
					Hh = Σ H		
					(Sr) -->	52,6%	
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

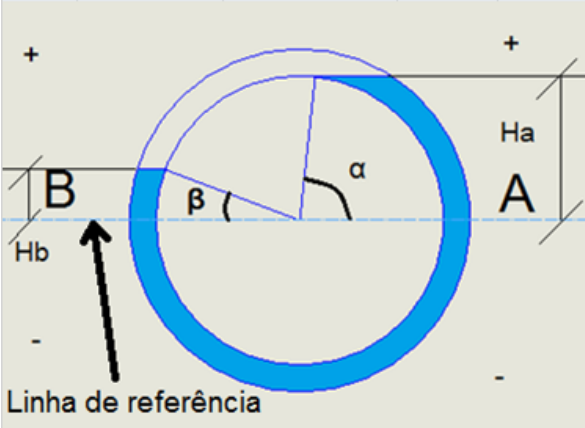
Figura 56 – Dados coletados para inclinação de 30 graus e rotação de 15 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicoide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,0	-11,5	1,3	-1,0	10,5	-9,5	20,0
2	13,5	-10,0	1,2	-0,9	10,4	-8,7	19,0
3	11,0	-8,0	1,0	-0,7	9,3	-7,3	16,6
4	11,7	-10,0	1,1	-0,9	9,6	-8,7	18,3
5	14,0	-10,3	1,3	-0,9	10,5	-8,9	19,4
6	13,5	-9,0	1,2	-0,8	10,4	-8,0	18,4
7	13,0	-9,7	1,2	-0,9	10,2	-8,5	18,7
8	14,5	-10,7	1,3	-1,0	10,7	-9,1	19,7
9	15,5	-8,0	1,4	-0,7	10,9	-7,3	18,2
10	14,5	-8,5	1,3	-0,8	10,7	-7,7	18,3
11	15,0	-7,5	1,4	-0,7	10,8	-6,9	17,7
12	15,0	-7,0	1,4	-0,6	10,8	-6,5	17,3
13	14,5	-6,7	1,3	-0,6	10,7	-6,3	16,9
14	15,0	-6,0	1,4	-0,5	10,8	-5,7	16,5
15	15,0	-5,5	1,4	-0,5	10,8	-5,3	16,0
16	14,5	-5,7	1,3	-0,5	10,7	-5,4	16,1
17	15,0	-4,3	1,4	-0,4	10,8	-4,2	15,0
18	15,0	-4,3	1,4	-0,4	10,8	-4,2	15,0
19	15,0	-4,5	1,4	-0,4	10,8	-4,4	15,1
20	15,0	-4,3	1,4	-0,4	10,8	-4,2	15,0
21	15,0	-5,0	1,4	-0,5	10,8	-4,8	15,6
22	16,5	-2,2	1,5	-0,2	11,0	-2,2	13,2
23	14,5	-2,4	1,3	-0,2	10,7	-2,4	13,0
24	14,5	-2,3	1,3	-0,2	10,7	-2,3	12,9
25	15,0	-2,0	1,4	-0,2	10,8	-2,0	12,8
26	15,0	-1,7	1,4	-0,2	10,8	-1,7	12,5
27	14,5	-2,7	1,3	-0,2	10,7	-2,7	13,3
28	15,5	-2,0	1,4	-0,2	10,9	-2,0	12,8
29	16,0	-2,3	1,5	-0,2	10,9	-2,3	13,2
30	16,0	-1,7	1,5	-0,2	10,9	-1,7	12,6
31	15,5	-5,0	1,4	-0,5	10,9	-4,8	15,7
Total Ht (cm)							494,8
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							53,8%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicoide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

Figura 57 – Dados coletados para inclinação de 30 graus e rotação de 20 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,7	-12,0	1,2	-1,1	10,4	-9,8	20,2
2	13,0	-11,0	1,2	-1,0	10,2	-9,3	19,4
3	10,0	-6,5	0,9	-0,6	8,7	-6,1	14,8
4	10,0	-8,5	0,9	-0,8	8,7	-7,7	16,4
5	11,5	-8,5	1,0	-0,8	9,5	-7,7	17,2
6	11,0	-6,3	1,0	-0,6	9,3	-6,0	15,2
7	10,0	-6,3	0,9	-0,6	8,7	-6,0	14,6
8	11,0	-7,5	1,0	-0,7	9,3	-6,9	16,2
9	12,0	-7,7	1,1	-0,7	9,8	-7,1	16,8
10	14,0	-10,0	1,3	-0,9	10,5	-8,7	19,2
11	15,5	-7,7	1,4	-0,7	10,9	-7,1	17,9
12	14,5	-6,7	1,3	-0,6	10,7	-6,3	16,9
13	13,7	-6,3	1,2	-0,6	10,4	-6,0	16,4
14	14,0	-5,7	1,3	-0,5	10,5	-5,4	16,0
15	14,0	-5,0	1,3	-0,5	10,5	-4,8	15,3
16	13,5	-5,3	1,2	-0,5	10,4	-5,1	15,5
17	14,0	-4,3	1,3	-0,4	10,5	-4,2	14,7
18	14,0	-5,7	1,3	-0,5	10,5	-5,4	16,0
19	14,0	-4,0	1,3	-0,4	10,5	-3,9	14,4
20	14,0	-3,5	1,3	-0,3	10,5	-3,4	14,0
21	13,7	-3,3	1,2	-0,3	10,4	-3,3	13,7
22	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
23	14,0	-2,5	1,3	-0,2	10,5	-2,5	13,0
24	14,0	-2,2	1,3	-0,2	10,5	-2,2	12,7
25	14,0	-1,0	1,3	-0,1	10,5	-1,0	11,5
26	14,0	-1,0	1,3	-0,1	10,5	-1,0	11,5
27	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
28	14,0	-2,7	1,3	-0,2	10,5	-2,7	13,2
29	15,0	-1,2	1,4	-0,1	10,8	-1,2	12,0
30	15,0	-1,2	1,4	-0,1	10,8	-1,2	12,0
31	14,0	-3,5	1,3	-0,3	10,5	-3,4	14,0
					Total Ht (cm)		465,6
					Observações:		
					H = HA - HB		
					Hh = Σ H		
					(Sr) -->	52,6%	
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

Figura 58 – Dados coletados para inclinação de 30 graus e rotação de 25 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		delta H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,5	-11,3	1,2	-1,0	10,4	-9,4	19,8
2	13,3	-10,5	1,2	-1,0	10,3	-9,0	19,3
3	12,5	-5,5	1,1	-0,5	10,0	-5,3	15,3
4	12,0	-12,5	1,1	-1,1	9,8	-10,0	19,7
5	14,0	-5,5	1,3	-0,5	10,5	-5,3	15,8
6	14,0	-4,0	1,3	-0,4	10,5	-3,9	14,4
7	13,7	-4,7	1,2	-0,4	10,4	-4,6	15,0
8	14,0	-3,5	1,3	-0,3	10,5	-3,4	14,0
9	13,5	-1,7	1,2	-0,2	10,4	-1,7	12,1
10	13,5	-2,7	1,2	-0,2	10,4	-2,7	13,0
11	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
12	13,5	-2,3	1,2	-0,2	10,4	-2,3	12,6
13	13,0	-1,6	1,2	-0,1	10,2	-1,6	11,8
14	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
15	13,5	-0,3	1,2	0,0	10,4	-0,3	10,7
16	13,0	-0,5	1,2	0,0	10,2	-0,5	10,7
17	13,5	0,5	1,2	0,0	10,4	0,5	9,9
18	13,5	0,3	1,2	0,0	10,4	0,3	10,1
19	13,5	-0,2	1,2	0,0	10,4	-0,2	10,6
20	14,0	0,5	1,3	0,0	10,5	0,5	10,0
21	13,5	1,0	1,2	0,1	10,4	1,0	9,4
22	13,5	1,3	1,2	0,1	10,4	1,3	9,1
23	13,5	1,0	1,2	0,1	10,4	1,0	9,4
24	13,5	1,3	1,2	0,1	10,4	1,3	9,1
25	13,5	2,5	1,2	0,2	10,4	2,5	7,9
26	13,3	2,5	1,2	0,2	10,3	2,5	7,8
27	13,5	2,0	1,2	0,2	10,4	2,0	8,4
28	13,5	0,2	1,2	0,0	10,4	0,2	10,2
29	14,5	1,7	1,3	0,2	10,7	1,7	9,0
30	14,5	1,5	1,3	0,1	10,7	1,5	9,2
31	14,5	-6,0	1,3	-0,5	10,7	-5,7	16,4
Total Ht (cm)							373,7
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							53,3%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

Figura 59 – Dados coletados para inclinação de 30 graus e rotação de 30 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,7	-8,5	1,2	-0,8	10,4	-7,7	18,1
2	13,5	-8,0	1,2	-0,7	10,4	-7,3	17,7
3	12,0	-6,3	1,1	-0,6	9,8	-6,0	15,7
4	11,5	-6,0	1,0	-0,5	9,5	-5,7	15,2
5	13,0	-6,0	1,2	-0,5	10,2	-5,7	15,9
6	11,5	-4,5	1,0	-0,4	9,5	-4,4	13,9
7	10,5	-2,7	1,0	-0,2	9,0	-2,7	11,6
8	10,5	-2,5	1,0	-0,2	9,0	-2,5	11,5
9	11,0	-4,5	1,0	-0,4	9,3	-4,4	13,6
10	13,5	-5,5	1,2	-0,5	10,4	-5,3	15,6
11	13,7	-3,0	1,2	-0,3	10,4	-3,0	13,4
12	14,0	-3,5	1,3	-0,3	10,5	-3,4	14,0
13	13,5	-2,5	1,2	-0,2	10,4	-2,5	12,8
14	14,0	-3,3	1,3	-0,3	10,5	-3,3	13,8
15	14,0	-4,7	1,3	-0,4	10,5	-4,6	15,1
16	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
17	13,5	-1,5	1,2	-0,1	10,4	-1,5	11,9
18	13,5	-2,3	1,2	-0,2	10,4	-2,3	12,6
19	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
20	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
21	13,5	-0,7	1,2	-0,1	10,4	-0,7	11,1
22	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
23	14,0	-0,7	1,3	-0,1	10,5	-0,7	11,2
24	14,0	2,3	1,3	0,2	10,5	2,3	8,2
25	14,0	0,1	1,3	0,0	10,5	0,1	10,4
26	13,5	0,7	1,2	0,1	10,4	0,7	9,7
27	13,5	0,7	1,2	0,1	10,4	0,7	9,7
28	13,5	0,5	1,2	0,0	10,4	0,5	9,9
29	13,5	0,7	1,2	0,1	10,4	0,7	9,7
30	14,5	0,5	1,3	0,0	10,7	0,5	10,2
31	14,5	-4,2	1,3	-0,4	10,7	-4,1	14,7
					Total Ht (cm)		396,7
					Observações:		
					H = HA - HB		
					Hh = Σ H		
					(Sr) -->	57,9%	
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

Figura 60 – Dados coletados para inclinação de 30 graus e rotação de 35 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,5	-6,3	1,2	-0,6	10,4	-6,0	16,3
2	13,3	-8,0	1,2	-0,7	10,3	-7,3	17,6
3	10,0	-2,0	0,9	-0,2	8,7	-2,0	10,7
4	9,0	-4,8	0,8	-0,4	8,0	-4,6	12,7
5	9,5	4,5	0,9	0,4	8,4	4,4	4,0
6	7,7	1,5	0,7	0,1	7,1	1,5	5,6
7	5,0	3,0	0,5	0,3	4,8	3,0	1,9
8	4,3	2,5	0,4	0,2	4,2	2,5	1,7
9	3,3	-0,3	0,3	0,0	3,3	-0,3	3,6
10	5,7	4,5	0,5	0,4	5,4	4,4	1,1
11	4,7	1,0	0,4	0,1	4,6	1,0	3,6
12	5,7	0,8	0,5	0,1	5,4	0,8	4,6
13	5,5	0,5	0,5	0,0	5,3	0,5	4,8
14	7,0	0,5	0,6	0,0	6,5	0,5	6,0
15	9,0	-4,3	0,8	-0,4	8,0	-4,2	12,2
16	11,0	-2,7	1,0	-0,2	9,3	-2,7	11,9
17	11,5	-4,0	1,0	-0,4	9,5	-3,9	13,4
18	13,0	-4,4	1,2	-0,4	10,2	-4,3	14,5
19	13,0	-4,4	1,2	-0,4	10,2	-4,3	14,5
20	13,5	-3,3	1,2	-0,3	10,4	-3,3	13,6
21	13,5	-3,3	1,2	-0,3	10,4	-3,3	13,6
22	13,5	-2,5	1,2	-0,2	10,4	-2,5	12,8
23	13,5	1,0	1,2	0,1	10,4	1,0	9,4
24	13,5	-1,7	1,2	-0,2	10,4	-1,7	12,1
25	13,5	1,3	1,2	0,1	10,4	1,3	9,1
26	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
27	13,5	0,0	1,2	0,0	10,4	0,0	10,4
28	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
29	13,0	0,5	1,2	0,0	10,2	0,5	9,7
30	13,0	3,0	1,2	0,3	10,2	3,0	7,2
31	12,5	-1,0	1,1	-0,1	10,0	-1,0	11,0
Total Ht (cm)							292,0
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							60,9%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

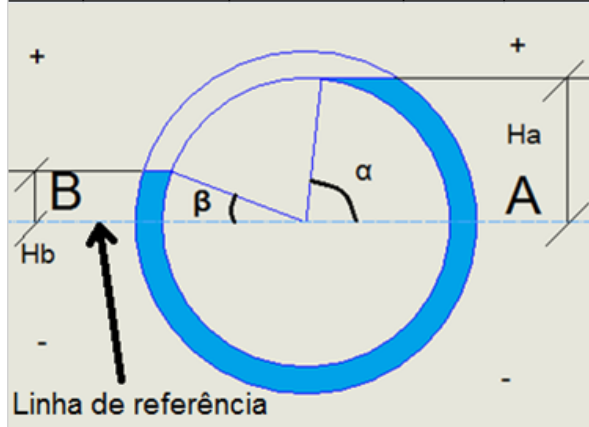
Figura 61 – Dados coletados para inclinação de 45 graus e rotação de 5 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,0	-14,0	1,2	-1,3	10,2	-10,5	20,7
2	13,5	-14,0	1,2	-1,3	10,4	-10,5	20,9
3	11,0	-10,5	1,0	-1,0	9,3	-9,0	18,2
4	9,5	-10,5	0,9	-1,0	8,4	-9,0	17,3
5	10,3	-10,0	0,9	-0,9	8,9	-8,7	17,5
6	9,5	-8,3	0,9	-0,8	8,4	-7,5	15,9
7	9,0	-8,0	0,8	-0,7	8,0	-7,3	15,3
8	10,0	-9,0	0,9	-0,8	8,7	-8,0	16,7
9	11,5	-9,7	1,0	-0,9	9,5	-8,5	18,0
10	14,0	-11,0	1,3	-1,0	10,5	-9,3	19,8
11	14,7	-9,0	1,3	-0,8	10,7	-8,0	18,7
12	14,0	-8,5	1,3	-0,8	10,5	-7,7	18,2
13	14,5	-7,7	1,3	-0,7	10,7	-7,1	17,7
14	14,0	-6,5	1,3	-0,6	10,5	-6,1	16,6
15	14,3	-6,7	1,3	-0,6	10,6	-6,3	16,9
16	13,5	-7,5	1,2	-0,7	10,4	-6,9	17,3
17	14,0	-6,3	1,3	-0,6	10,5	-6,0	16,5
18	14,5	-5,0	1,3	-0,5	10,7	-4,8	15,5
19	14,0	-5,5	1,3	-0,5	10,5	-5,3	15,8
20	14,5	-4,5	1,3	-0,4	10,7	-4,4	15,0
21	14,0	-4,3	1,3	-0,4	10,5	-4,2	14,7
22	14,0	-3,3	1,3	-0,3	10,5	-3,3	13,8
23	14,0	-4,3	1,3	-0,4	10,5	-4,2	14,7
24	14,5	-3,7	1,3	-0,3	10,7	-3,6	14,3
25	14,5	-1,7	1,3	-0,2	10,7	-1,7	12,3
26	13,5	-2,3	1,2	-0,2	10,4	-2,3	12,6
27	14,5	-2,0	1,3	-0,2	10,7	-2,0	12,6
28	13,5	-3,0	1,2	-0,3	10,4	-3,0	13,3
29	14,3	-1,3	1,3	-0,1	10,6	-1,3	11,9
30	14,5	-1,2	1,3	-0,1	10,7	-1,2	11,8
31	14,3	-3,8	1,3	-0,3	10,6	-3,7	14,3
Total Ht (cm)							495,1
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = \sum H							
(Sr) -->							48,5%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

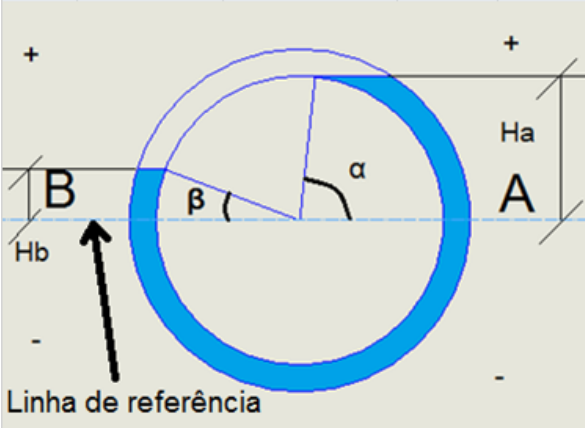
Figura 62 – Dados coletados para inclinação de 45 graus e rotação de 10 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicoide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,0	-11,5	1,3	-1,0	10,5	-9,5	20,0
2	12,5	-9,5	1,1	-0,9	10,0	-8,4	18,3
3	10,0	-7,0	0,9	-0,6	8,7	-6,5	15,2
4	8,5	-7,0	0,8	-0,6	7,7	-6,5	14,2
5	9,5	-6,5	0,9	-0,6	8,4	-6,1	14,5
6	8,5	-5,5	0,8	-0,5	7,7	-5,3	13,0
7	8,0	-5,5	0,7	-0,5	7,3	-5,3	12,6
8	8,5	-6,5	0,8	-0,6	7,7	-6,1	13,8
9	10,3	-8,5	0,9	-0,8	8,9	-7,7	16,5
10	13,5	-9,7	1,2	-0,9	10,4	-8,5	18,8
11	15,0	-9,0	1,4	-0,8	10,8	-8,0	18,8
12	15,0	-8,3	1,4	-0,8	10,8	-7,5	18,3
13	14,0	-7,3	1,3	-0,7	10,5	-6,8	17,3
14	14,0	-6,7	1,3	-0,6	10,5	-6,3	16,8
15	14,5	-6,0	1,3	-0,5	10,7	-5,7	16,4
16	13,5	-5,3	1,2	-0,5	10,4	-5,1	15,5
17	15,5	-5,5	1,4	-0,5	10,9	-5,3	16,1
18	15,0	-5,0	1,4	-0,5	10,8	-4,8	15,6
19	14,5	-6,0	1,3	-0,5	10,7	-5,7	16,4
20	15,0	-4,5	1,4	-0,4	10,8	-4,4	15,1
21	14,5	-3,5	1,3	-0,3	10,7	-3,4	14,1
22	14,5	-3,3	1,3	-0,3	10,7	-3,3	13,9
23	14,5	-3,5	1,3	-0,3	10,7	-3,4	14,1
24	15,0	-3,5	1,4	-0,3	10,8	-3,4	14,2
25	15,0	-1,8	1,4	-0,2	10,8	-1,8	12,6
26	14,5	-1,8	1,3	-0,2	10,7	-1,8	12,4
27	14,5	-1,8	1,3	-0,2	10,7	-1,8	12,4
28	14,0	-2,7	1,3	-0,2	10,5	-2,7	13,2
29	14,5	-0,7	1,3	-0,1	10,7	-0,7	11,4
30	14,5	-0,7	1,3	-0,1	10,7	-0,7	11,4
31	14,5	-2,5	1,3	-0,2	10,7	-2,5	13,1
Total Ht (cm)							466,0
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							53,8%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicoide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

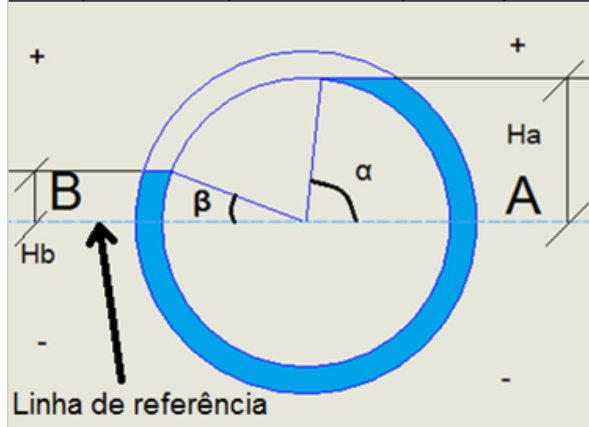
Figura 63 – Dados coletados para inclinação de 45 graus e rotação de 15 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,5	-12,5	1,2	-1,1	10,4	-10,0	20,3
2	13,5	-11,5	1,2	-1,0	10,4	-9,5	19,9
3	11,5	-8,5	1,0	-0,8	9,5	-7,7	17,2
4	10,5	-9,5	1,0	-0,9	9,0	-8,4	17,3
5	12,0	-9,5	1,1	-0,9	9,8	-8,4	18,1
6	12,5	-9,5	1,1	-0,9	10,0	-8,4	18,3
7	13,0	-10,0	1,2	-0,9	10,2	-8,7	18,9
8	14,0	-11,0	1,3	-1,0	10,5	-9,3	19,8
9	15,5	-8,5	1,4	-0,8	10,9	-7,7	18,5
10	14,5	-8,5	1,3	-0,8	10,7	-7,7	18,3
11	14,5	-8,5	1,3	-0,8	10,7	-7,7	18,3
12	14,5	-7,0	1,3	-0,6	10,7	-6,5	17,2
13	14,0	-6,3	1,3	-0,6	10,5	-6,0	16,5
14	14,0	-6,0	1,3	-0,5	10,5	-5,7	16,2
15	14,0	-5,5	1,3	-0,5	10,5	-5,3	15,8
16	14,0	-6,0	1,3	-0,5	10,5	-5,7	16,2
17	16,0	-5,0	1,5	-0,5	10,9	-4,8	15,8
18	14,5	-4,0	1,3	-0,4	10,7	-3,9	14,6
19	14,0	-5,5	1,3	-0,5	10,5	-5,3	15,8
20	16,0	-4,0	1,5	-0,4	10,9	-3,9	14,8
21	14,5	-3,3	1,3	-0,3	10,7	-3,3	13,9
22	14,0	-2,3	1,3	-0,2	10,5	-2,3	12,8
23	14,0	-3,5	1,3	-0,3	10,5	-3,4	14,0
24	14,5	-3,7	1,3	-0,3	10,7	-3,6	14,3
25	16,0	-2,7	1,5	-0,2	10,9	-2,7	13,6
26	15,5	-1,7	1,4	-0,2	10,9	-1,7	12,5
27	15,0	-2,0	1,4	-0,2	10,8	-2,0	12,8
28	14,5	-3,0	1,3	-0,3	10,7	-3,0	13,6
29	15,0	-1,0	1,4	-0,1	10,8	-1,0	11,8
30	15,0	-2,3	1,4	-0,2	10,8	-2,3	13,0
31	15,5	-5,3	1,4	-0,5	10,9	-5,1	16,0
					Total Ht (cm)		496,1
					Observações:		
					H = HA - HB		
					Hh = Σ H		
					(Sr) -->	51,5%	
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

Figura 64 – Dados coletados para inclinação de 45 graus e rotação de 20 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicoide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,5	-10,0	1,2	-0,9	10,4	-8,7	19,0
2	13,0	-8,5	1,2	-0,8	10,2	-7,7	17,9
3	10,5	-5,5	1,0	-0,5	9,0	-5,3	14,3
4	9,5	-6,5	0,9	-0,6	8,4	-6,1	14,5
5	10,5	-6,5	1,0	-0,6	9,0	-6,1	15,1
6	10,3	-5,0	0,9	-0,5	8,9	-4,8	13,7
7	10,0	-5,0	0,9	-0,5	8,7	-4,8	13,5
8	10,7	-6,0	1,0	-0,5	9,1	-5,7	14,8
9	12,0	-7,0	1,1	-0,6	9,8	-6,5	16,3
10	14,0	-7,0	1,3	-0,6	10,5	-6,5	17,1
11	14,0	-6,5	1,3	-0,6	10,5	-6,1	16,6
12	14,0	-5,5	1,3	-0,5	10,5	-5,3	15,8
13	13,0	-4,5	1,2	-0,4	10,2	-4,4	14,6
14	13,5	-4,5	1,2	-0,4	10,4	-4,4	14,7
15	13,5	-4,5	1,2	-0,4	10,4	-4,4	14,7
16	13,5	-4,7	1,2	-0,4	10,4	-4,6	14,9
17	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
18	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
19	13,5	-3,5	1,2	-0,3	10,4	-3,4	13,8
20	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
21	14,0	-1,7	1,3	-0,2	10,5	-1,7	12,2
22	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
23	14,5	-2,5	1,3	-0,2	10,7	-2,5	13,1
24	15,0	-2,5	1,4	-0,2	10,8	-2,5	13,2
25	15,0	-0,5	1,4	0,0	10,8	-0,5	11,3
26	14,5	-0,5	1,3	0,0	10,7	-0,5	11,2
27	14,5	0,0	1,3	0,0	10,7	0,0	10,7
28	13,5	-2,5	1,2	-0,2	10,4	-2,5	12,8
29	15,0	0,0	1,4	0,0	10,8	0,0	10,8
30	14,5	-1,0	1,3	-0,1	10,7	-1,0	11,6
31	14,5	-3,5	1,3	-0,3	10,7	-3,4	14,1
Total Ht (cm)							435,2
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							55,3%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicoide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

Figura 65 – Dados coletados para inclinação de 45 graus e rotação de 25 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	
1	13,5	-11,5	1,2	-1,0	10,4	-9,5	19,9
2	13,5	-10,0	1,2	-0,9	10,4	-8,7	19,0
3	11,0	-6,5	1,0	-0,6	9,3	-6,1	15,4
4	10,0	-6,5	0,9	-0,6	8,7	-6,1	14,8
5	9,5	-4,7	0,9	-0,4	8,4	-4,6	12,9
6	8,0	-3,5	0,7	-0,3	7,3	-3,4	10,8
7	7,5	-5,5	0,7	-0,5	6,9	-5,3	12,2
8	8,5	-4,7	0,8	-0,4	7,7	-4,6	12,2
9	10,0	-8,0	0,9	-0,7	8,7	-7,3	16,0
10	13,5	-8,0	1,2	-0,7	10,4	-7,3	17,7
11	14,0	-8,0	1,3	-0,7	10,5	-7,3	17,8
12	14,0	-7,0	1,3	-0,6	10,5	-6,5	17,1
13	13,5	-6,0	1,2	-0,5	10,4	-5,7	16,1
14	14,0	-6,0	1,3	-0,5	10,5	-5,7	16,2
15	14,0	-5,7	1,3	-0,5	10,5	-5,4	16,0
16	14,0	-6,0	1,3	-0,5	10,5	-5,7	16,2
17	14,5	-5,0	1,3	-0,5	10,7	-4,8	15,5
18	15,0	-4,0	1,4	-0,4	10,8	-3,9	14,7
19	14,0	-5,3	1,3	-0,5	10,5	-5,1	15,6
20	15,0	-4,0	1,4	-0,4	10,8	-3,9	14,7
21	14,0	-4,0	1,3	-0,4	10,5	-3,9	14,4
22	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
23	14,0	-2,7	1,3	-0,2	10,5	-2,7	13,2
24	14,0	-2,3	1,3	-0,2	10,5	-2,3	12,8
25	14,0	-1,5	1,3	-0,1	10,5	-1,5	12,0
26	14,0	-0,7	1,3	-0,1	10,5	-0,7	11,2
27	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
28	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
29	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
30	13,0	-1,0	1,2	-0,1	10,2	-1,0	11,2
31	13,0	-3,5	1,2	-0,3	10,2	-3,4	13,6
Total Ht (cm)							449,0
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							53,0%
Legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

Figura 66 – Dados coletados para inclinação de 45 graus e rotação de 30 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicoide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	12,5	-5,5	1,1	-0,5	10,0	-5,3	15,3
2	13,0	-6,5	1,2	-0,6	10,2	-6,1	16,3
3	13,5	-5,5	1,2	-0,5	10,4	-5,3	15,6
4	13,5	-5,0	1,2	-0,5	10,4	-4,8	15,2
5	13,5	-4,5	1,2	-0,4	10,4	-4,4	14,7
6	13,5	-4,0	1,2	-0,4	10,4	-3,9	14,3
7	14,0	-3,5	1,3	-0,3	10,5	-3,4	14,0
8	13,5	-2,5	1,2	-0,2	10,4	-2,5	12,8
9	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
10	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
11	13,5	-2,5	1,2	-0,2	10,4	-2,5	12,8
12	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
13	13,0	-0,7	1,2	-0,1	10,2	-0,7	10,9
14	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
15	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
16	13,0	-1,0	1,2	-0,1	10,2	-1,0	11,2
17	13,5	0,5	1,2	0,0	10,4	0,5	9,9
18	14,0	0,0	1,3	0,0	10,5	0,0	10,5
19	13,5	0,0	1,2	0,0	10,4	0,0	10,4
20	13,5	0,0	1,2	0,0	10,4	0,0	10,4
21	14,0	0,5	1,3	0,0	10,5	0,5	10,0
22	13,5	1,7	1,2	0,2	10,4	1,7	8,7
23	13,5	0,5	1,2	0,0	10,4	0,5	9,9
24	13,5	2,3	1,2	0,2	10,4	2,3	8,1
25	13,3	2,5	1,2	0,2	10,3	2,5	7,8
26	13,0	3,5	1,2	0,3	10,2	3,4	6,7
27	13,0	2,0	1,2	0,2	10,2	2,0	8,2
28	13,3	2,0	1,2	0,2	10,3	2,0	8,3
29	13,5	3,0	1,2	0,3	10,4	3,0	7,4
30	13,0	3,0	1,2	0,3	10,2	3,0	7,2
31	13,0	-1,0	1,2	-0,1	10,2	-1,0	11,2
Total Ht (cm)							347,3
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							60,6%

Linha de referência

legenda:

H --> Diferença de altura por volta

Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicoide.

HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.

HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.

CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.

CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.

Fonte: Autoria própria.

Figura 67 – Dados coletados para inclinação de 45 graus e rotação de 35 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,0	-5,3	1,2	-0,5	10,2	-5,1	15,3
2	13,0	-2,5	1,2	-0,2	10,2	-2,5	12,7
3	11,0	-3,5	1,0	-0,3	9,3	-3,4	12,7
4	11,3	-3,0	1,0	-0,3	9,4	-3,0	12,4
5	10,0	-4,5	0,9	-0,4	8,7	-4,4	13,1
6	12,0	-2,7	1,1	-0,2	9,8	-2,7	12,4
7	11,0	-1,5	1,0	-0,1	9,3	-1,5	10,8
8	11,5	-2,7	1,0	-0,2	9,5	-2,7	12,2
9	11,7	-3,0	1,1	-0,3	9,6	-3,0	12,6
10	13,5	-3,7	1,2	-0,3	10,4	-3,6	14,0
11	14,3	-3,7	1,3	-0,3	10,6	-3,6	14,2
12	15,0	-3,5	1,4	-0,3	10,8	-3,4	14,2
13	14,5	-1,5	1,3	-0,1	10,7	-1,5	12,1
14	15,0	-2,3	1,4	-0,2	10,8	-2,3	13,0
15	15,0	-2,5	1,4	-0,2	10,8	-2,5	13,2
16	15,0	-2,3	1,4	-0,2	10,8	-2,3	13,0
17	15,5	-1,5	1,4	-0,1	10,9	-1,5	12,4
18	15,0	-1,7	1,4	-0,2	10,8	-1,7	12,5
19	15,0	-2,2	1,4	-0,2	10,8	-2,2	13,0
20	15,0	-1,3	1,4	-0,1	10,8	-1,3	12,1
21	13,5	-3,4	1,2	-0,3	10,4	-3,3	13,7
22	15,0	0,3	1,4	0,0	10,8	0,3	10,5
23	15,0	0,5	1,4	0,0	10,8	0,5	10,3
24	15,5	-0,4	1,4	0,0	10,9	-0,4	11,3
25	15,5	0,7	1,4	0,1	10,9	0,7	10,2
26	15,5	0,7	1,4	0,1	10,9	0,7	10,2
27	13,5	0,4	1,2	0,0	10,4	0,4	10,0
28	15,5	0,4	1,4	0,0	10,9	0,4	10,5
29	15,0	2,5	1,4	0,2	10,8	2,5	8,3
30	15,5	2,0	1,4	0,2	10,9	2,0	8,9
31	15,0	0,0	1,4	0,0	10,8	0,0	10,8
Total Ht (cm)							372,1
Observações:							
$H = HA - HB$							
$Hh = \sum H$							
(Sr) -->							61,7%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

Figura 68 – Dados coletados para inclinação de 60 graus e rotação de 5 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,0	-11,5	1,2	-1,0	10,2	-9,5	19,7
2	11,5	-6,5	1,0	-0,6	9,5	-6,1	15,6
3	8,5	-6,5	0,8	-0,6	7,7	-6,1	13,8
4	7,0	-4,0	0,6	-0,4	6,5	-3,9	10,4
5	6,5	-1,7	0,6	-0,2	6,1	-1,7	7,8
6	4,5	-2,0	0,4	-0,2	4,4	-2,0	6,4
7	3,5	-2,0	0,3	-0,2	3,4	-2,0	5,4
8	4,0	-2,7	0,4	-0,2	3,9	-2,7	6,6
9	5,3	-4,5	0,5	-0,4	5,1	-4,4	9,5
10	8,5	-8,0	0,8	-0,7	7,7	-7,3	15,0
11	11,5	-9,5	1,0	-0,9	9,5	-8,4	17,9
12	13,5	-8,5	1,2	-0,8	10,4	-7,7	18,0
13	13,0	-7,5	1,2	-0,7	10,2	-6,9	17,1
14	13,5	-7,3	1,2	-0,7	10,4	-6,8	17,1
15	13,5	-6,5	1,2	-0,6	10,4	-6,1	16,5
16	13,0	-7,0	1,2	-0,6	10,2	-6,5	16,7
17	13,5	-5,0	1,2	-0,5	10,4	-4,8	15,2
18	13,5	-5,0	1,2	-0,5	10,4	-4,8	15,2
19	13,5	-5,5	1,2	-0,5	10,4	-5,3	15,6
20	13,5	-4,5	1,2	-0,4	10,4	-4,4	14,7
21	13,5	-5,7	1,2	-0,5	10,4	-5,4	15,8
22	13,5	-2,7	1,2	-0,2	10,4	-2,7	13,0
23	13,0	-3,0	1,2	-0,3	10,2	-3,0	13,1
24	13,0	-3,0	1,2	-0,3	10,2	-3,0	13,1
25	13,5	-1,7	1,2	-0,2	10,4	-1,7	12,1
26	13,5	-1,5	1,2	-0,1	10,4	-1,5	11,9
27	13,0	-1,9	1,2	-0,2	10,2	-1,9	12,1
28	13,0	-2,7	1,2	-0,2	10,2	-2,7	12,9
29	13,5	-3,0	1,2	-0,3	10,4	-3,0	13,3
30	15,5	-1,3	1,4	-0,1	10,9	-1,3	12,2
31	13,5	-4,4	1,2	-0,4	10,4	-4,3	14,6
Total Ht (cm)							418,4
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							52,3%

Linha de referência

legenda:

H --> Diferença de altura por volta

Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.

HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.

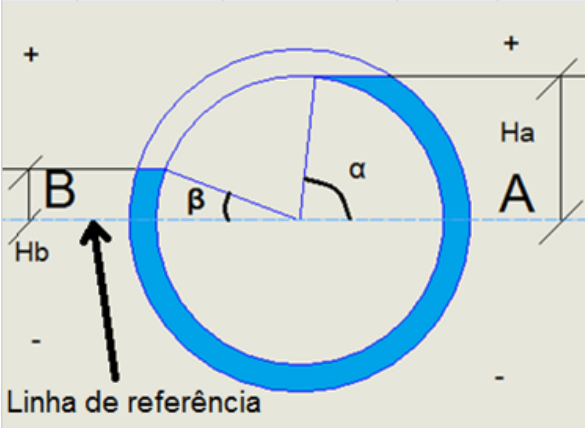
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.

CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.

CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.

Fonte: Autoria própria.

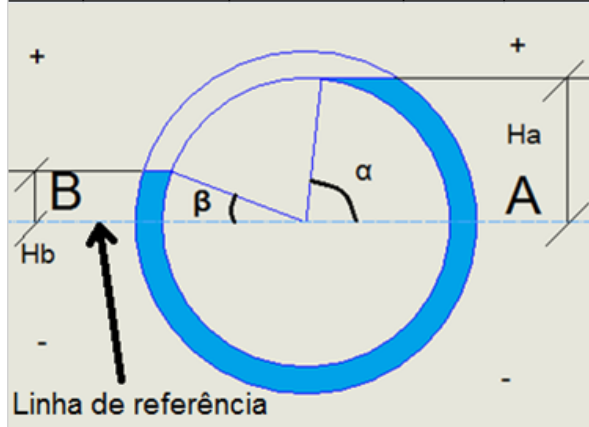
Figura 69 – Dados coletados para inclinação de 60 graus e rotação de 10 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,0	-12,5	1,3	-1,1	10,5	-10,0	20,5
2	13,0	-11,0	1,2	-1,0	10,2	-9,3	19,4
3	10,5	-8,3	1,0	-0,8	9,0	-7,5	16,5
4	9,5	-8,5	0,9	-0,8	8,4	-7,7	16,0
5	9,3	-6,5	0,8	-0,6	8,2	-6,1	14,4
6	7,5	-5,5	0,7	-0,5	6,9	-5,3	12,2
7	7,0	-6,3	0,6	-0,6	6,5	-6,0	12,5
8	9,3	-7,5	0,8	-0,7	8,2	-6,9	15,2
9	11,0	-6,5	1,0	-0,6	9,3	-6,1	15,4
10	14,5	-8,0	1,3	-0,7	10,7	-7,3	18,0
11	14,5	-8,0	1,3	-0,7	10,7	-7,3	18,0
12	14,5	-7,5	1,3	-0,7	10,7	-6,9	17,6
13	14,0	-7,5	1,3	-0,7	10,5	-6,9	17,4
14	14,5	-7,3	1,3	-0,7	10,7	-6,8	17,4
15	14,5	-6,5	1,3	-0,6	10,7	-6,1	16,8
16	14,0	-6,7	1,3	-0,6	10,5	-6,3	16,8
17	14,3	-5,0	1,3	-0,5	10,6	-4,8	15,4
18	14,5	-5,0	1,3	-0,5	10,7	-4,8	15,5
19	14,5	-6,0	1,3	-0,5	10,7	-5,7	16,4
20	14,7	-4,0	1,3	-0,4	10,7	-3,9	14,6
21	14,5	-4,0	1,3	-0,4	10,7	-3,9	14,6
22	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
23	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
24	14,0	-2,7	1,3	-0,2	10,5	-2,7	13,2
25	14,0	-1,3	1,3	-0,1	10,5	-1,3	11,8
26	14,0	-1,5	1,3	-0,1	10,5	-1,5	12,0
27	13,7	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,4
28	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
29	14,0	-1,5	1,3	-0,1	10,5	-1,5	12,0
30	14,5	-2,0	1,3	-0,2	10,7	-2,0	12,6
31	15,0	-4,7	1,4	-0,4	10,8	-4,6	15,3
					Total Ht (cm)		470,3
					Observações:		
					H = HA - HB		
					Hh = Σ H		
					(Sr) -->	52,3%	
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

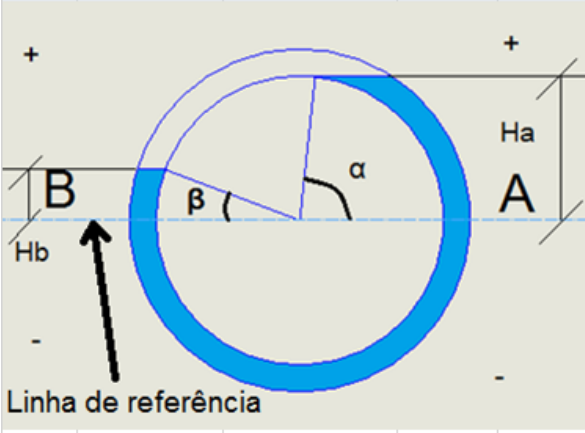
Figura 70 – Dados coletados para inclinação de 60 graus e rotação de 15 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicoide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,5	-11,5	1,2	-1,0	10,4	-9,5	19,9
2	12,0	-9,5	1,1	-0,9	9,8	-8,4	18,1
3	10,0	-6,5	0,9	-0,6	8,7	-6,1	14,8
4	9,0	-5,0	0,8	-0,5	8,0	-4,8	12,9
5	8,5	-3,5	0,8	-0,3	7,7	-3,4	11,1
6	7,0	-4,0	0,6	-0,4	6,5	-3,9	10,4
7	6,5	-4,5	0,6	-0,4	6,1	-4,4	10,5
8	8,0	-5,5	0,7	-0,5	7,3	-5,3	12,6
9	10,0	-8,5	0,9	-0,8	8,7	-7,7	16,4
10	14,0	-8,5	1,3	-0,8	10,5	-7,7	18,2
11	14,0	-7,5	1,3	-0,7	10,5	-6,9	17,4
12	14,0	-7,0	1,3	-0,6	10,5	-6,5	17,1
13	13,5	-6,5	1,2	-0,6	10,4	-6,1	16,5
14	14,0	-6,0	1,3	-0,5	10,5	-5,7	16,2
15	14,0	-5,5	1,3	-0,5	10,5	-5,3	15,8
16	13,5	-6,0	1,2	-0,5	10,4	-5,7	16,1
17	14,0	-4,5	1,3	-0,4	10,5	-4,4	14,9
18	14,0	-4,0	1,3	-0,4	10,5	-3,9	14,4
19	13,5	-5,0	1,2	-0,5	10,4	-4,8	15,2
20	14,5	-4,0	1,3	-0,4	10,7	-3,9	14,6
21	13,5	-3,0	1,2	-0,3	10,4	-3,0	13,3
22	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
23	13,5	-3,5	1,2	-0,3	10,4	-3,4	13,8
24	13,5	-3,0	1,2	-0,3	10,4	-3,0	13,3
25	13,5	-1,3	1,2	-0,1	10,4	-1,3	11,7
26	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
27	13,5	-1,3	1,2	-0,1	10,4	-1,3	11,7
28	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
29	14,0	-2,5	1,3	-0,2	10,5	-2,5	13,0
30	16,0	-1,7	1,5	-0,2	10,9	-1,7	12,6
31	15,0	-4,0	1,4	-0,4	10,8	-3,9	14,7
Total Ht (cm)							443,2
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							53,0%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicoide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

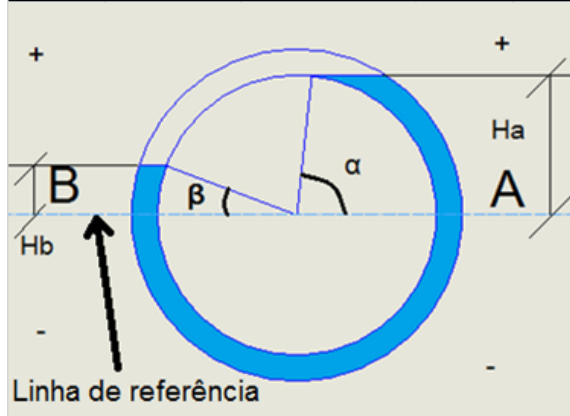
Figura 71 – Dados coletados para inclinação de 60 graus e rotação de 20 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,5	-11,5	1,2	-1,0	10,4	-9,5	19,9
2	12,0	-9,0	1,1	-0,8	9,8	-8,0	17,8
3	9,5	-6,0	0,9	-0,5	8,4	-5,7	14,1
4	8,0	-6,0	0,7	-0,5	7,3	-5,7	13,0
5	7,5	-3,5	0,7	-0,3	6,9	-3,4	10,4
6	5,5	-1,7	0,5	-0,2	5,3	-1,7	7,0
7	5,0	-3,0	0,5	-0,3	4,8	-3,0	7,8
8	5,5	-2,0	0,5	-0,2	5,3	-2,0	7,3
9	7,0	-3,0	0,6	-0,3	6,5	-3,0	9,5
10	10,5	-5,0	1,0	-0,5	9,0	-4,8	13,8
11	13,5	-8,0	1,2	-0,7	10,4	-7,3	17,7
12	13,5	-7,0	1,2	-0,6	10,4	-6,5	16,9
13	13,0	-7,0	1,2	-0,6	10,2	-6,5	16,7
14	14,0	-6,0	1,3	-0,5	10,5	-5,7	16,2
15	13,5	-5,5	1,2	-0,5	10,4	-5,3	15,6
16	13,0	-6,0	1,2	-0,5	10,2	-5,7	15,9
17	13,5	-4,0	1,2	-0,4	10,4	-3,9	14,3
18	13,5	-4,0	1,2	-0,4	10,4	-3,9	14,3
19	13,5	-4,7	1,2	-0,4	10,4	-4,6	14,9
20	14,0	-3,5	1,3	-0,3	10,5	-3,4	14,0
21	13,5	-2,7	1,2	-0,2	10,4	-2,7	13,0
22	13,0	-2,5	1,2	-0,2	10,2	-2,5	12,7
23	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
24	13,0	-2,0	1,2	-0,2	10,2	-2,0	12,2
25	13,0	-1,0	1,2	-0,1	10,2	-1,0	11,2
26	13,0	-0,5	1,2	0,0	10,2	-0,5	10,7
27	13,0	-1,0	1,2	-0,1	10,2	-1,0	11,2
28	13,0	-1,3	1,2	-0,1	10,2	-1,3	11,5
29	13,0	-1,0	1,2	-0,1	10,2	-1,0	11,2
30	15,0	0,0	1,4	0,0	10,8	0,0	10,8
31	13,3	-3,5	1,2	-0,3	10,3	-3,4	13,7
					Total Ht (cm)		407,3
					Observações:		
					H = HA - HB		
					Hh = Σ H		
					(Sr) -->	53,0%	
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

Figura 72 – Dados coletados para inclinação de 60 graus e rotação de 25 rpm.

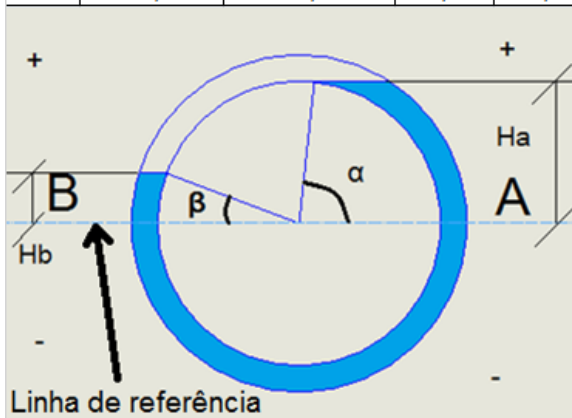
Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,0	-10,0	1,2	-0,9	10,2	-8,7	18,9
2	11,5	-7,0	1,0	-0,6	9,5	-6,5	16,1
3	8,5	-4,0	0,8	-0,4	7,7	-3,9	11,6
4	7,0	-3,5	0,6	-0,3	6,5	-3,4	10,0
5	6,0	-0,7	0,5	-0,1	5,7	-0,7	6,4
6	3,3	1,5	0,3	0,1	3,3	1,5	1,8
7	2,0	1,7	0,2	0,2	2,0	1,7	0,3
8	2,0	1,7	0,2	0,2	2,0	1,7	0,3
9	2,2	1,0	0,2	0,1	2,2	1,0	1,2
10	4,5	-2,0	0,4	-0,2	4,4	-2,0	6,4
11	6,5	-3,0	0,6	-0,3	6,1	-3,0	9,1
12	7,5	-3,0	0,7	-0,3	6,9	-3,0	9,9
13	8,0	-5,0	0,7	-0,5	7,3	-4,8	12,1
14	10,5	-6,3	1,0	-0,6	9,0	-6,0	14,9
15	13,5	-5,0	1,2	-0,5	10,4	-4,8	15,2
16	13,5	-5,7	1,2	-0,5	10,4	-5,4	15,8
17	13,5	-4,0	1,2	-0,4	10,4	-3,9	14,3
18	13,5	-4,5	1,2	-0,4	10,4	-4,4	14,7
19	13,5	-4,7	1,2	-0,4	10,4	-4,6	14,9
20	13,5	-3,5	1,2	-0,3	10,4	-3,4	13,8
21	13,5	-3,0	1,2	-0,3	10,4	-3,0	13,3
22	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
23	13,0	-2,3	1,2	-0,2	10,2	-2,3	12,5
24	13,5	-2,3	1,2	-0,2	10,4	-2,3	12,6
25	13,5	-1,3	1,2	-0,1	10,4	-1,3	11,7
26	13,3	-0,7	1,2	-0,1	10,3	-0,7	11,0
27	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
28	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
29	14,0	-0,5	1,3	0,0	10,5	-0,5	11,0
30	16,0	-0,7	1,5	-0,1	10,9	-0,7	11,6
31	14,5	-5,5	1,3	-0,5	10,7	-5,3	15,9
					Total Ht (cm)		343,2
Observações:							
$H = HA - HB$							
$Hh = \sum H$							
					(Sr) -->		54,5%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

Figura 73 – Dados coletados para inclinação de 60 graus e rotação de 30 rpm.

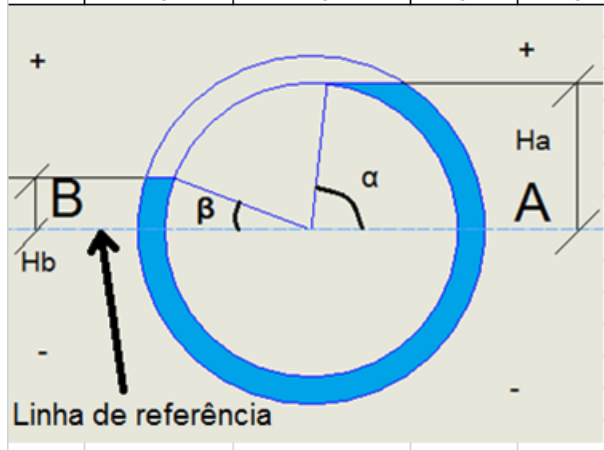
Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,0	-8,0	1,3	-0,7	10,5	-7,3	17,8
2	14,0	-5,0	1,3	-0,5	10,5	-4,8	15,3
3	11,5	-1,7	1,0	-0,2	9,5	-1,7	11,2
4	10,5	-3,0	1,0	-0,3	9,0	-3,0	11,9
5	10,0	-0,5	0,9	0,0	8,7	-0,5	9,2
6	8,0	0,7	0,7	0,1	7,3	0,7	6,6
7	7,0	1,5	0,6	0,1	6,5	1,5	5,0
8	8,0	-1,0	0,7	-0,1	7,3	-1,0	8,3
9	8,5	-1,5	0,8	-0,1	7,7	-1,5	9,2
10	11,3	-5,5	1,0	-0,5	9,4	-5,3	14,7
11	14,0	-4,0	1,3	-0,4	10,5	-3,9	14,4
12	14,5	-4,3	1,3	-0,4	10,7	-4,2	14,8
13	14,0	-3,7	1,3	-0,3	10,5	-3,6	14,1
14	14,5	-3,3	1,3	-0,3	10,7	-3,3	13,9
15	14,5	-2,5	1,3	-0,2	10,7	-2,5	13,1
16	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
17	14,0	-4,0	1,3	-0,4	10,5	-3,9	14,4
18	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
19	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
20	14,5	-1,3	1,3	-0,1	10,7	-1,3	11,9
21	14,0	-1,7	1,3	-0,2	10,5	-1,7	12,2
22	14,0	0,5	1,3	0,0	10,5	0,5	10,0
23	14,0	0,3	1,3	0,0	10,5	0,3	10,2
24	14,0	0,3	1,3	0,0	10,5	0,3	10,2
25	14,0	1,3	1,3	0,1	10,5	1,3	9,2
26	14,0	-1,3	1,3	-0,1	10,5	-1,3	11,8
27	14,0	0,3	1,3	0,0	10,5	0,3	10,2
28	14,0	0,0	1,3	0,0	10,5	0,0	10,5
29	14,5	1,5	1,3	0,1	10,7	1,5	9,2
30	14,5	1,0	1,3	0,1	10,7	1,0	9,7
31	14,5	-2,0	1,3	-0,2	10,7	-2,0	12,6
					Total Ht (cm)		362,4
Observações:							
$H = HA - HB$							
$Hh = \Sigma H$							
					(Sr) -->	59,1%	
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

Figura 74 – Dados coletados para inclinação de 60 graus e rotação de 35 rpm.

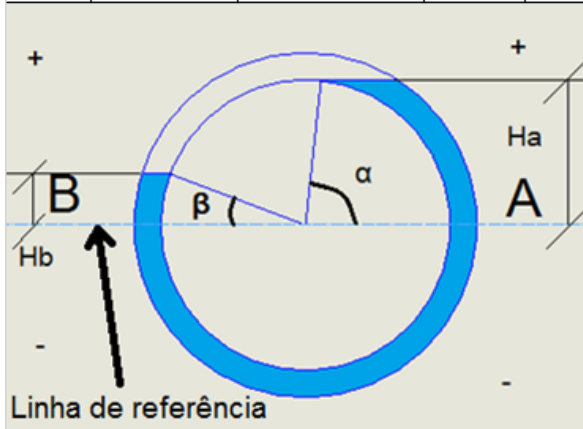
Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,0	-11,5	1,3	-1,0	10,5	-9,5	20,0
2	13,0	-8,0	1,2	-0,7	10,2	-7,3	17,5
3	9,0	-5,5	0,8	-0,5	8,0	-5,3	13,3
4	7,5	-2,0	0,7	-0,2	6,9	-2,0	8,9
5	6,5	-1,7	0,6	-0,2	6,1	-1,7	7,8
6	3,5	0,5	0,3	0,0	3,4	0,5	2,9
7	2,0	2,0	0,2	0,2	2,0	2,0	0,0
8	1,7	1,5	0,2	0,1	1,7	1,5	0,2
9	1,5	0,7	0,1	0,1	1,5	0,7	0,8
10	3,5	1,7	0,3	0,2	3,4	1,7	1,7
11	4,5	-1,3	0,4	-0,1	4,4	-1,3	5,7
12	5,0	3,0	0,5	0,3	4,8	3,0	1,9
13	4,3	-1,5	0,4	-0,1	4,2	-1,5	5,7
14	6,0	0,5	0,5	0,0	5,7	0,5	5,2
15	7,5	-3,7	0,7	-0,3	6,9	-3,6	10,6
16	9,5	-4,5	0,9	-0,4	8,4	-4,4	12,7
17	10,0	-3,5	0,9	-0,3	8,7	-3,4	12,1
18	12,5	-7,5	1,1	-0,7	10,0	-6,9	16,9
19	14,5	-4,5	1,3	-0,4	10,7	-4,4	15,0
20	14,5	-7,0	1,3	-0,6	10,7	-6,5	17,2
21	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
22	14,0	-5,0	1,3	-0,5	10,5	-4,8	15,3
23	14,0	-5,0	1,3	-0,5	10,5	-4,8	15,3
24	14,0	-5,0	1,3	-0,5	10,5	-4,8	15,3
25	14,0	-0,5	1,3	0,0	10,5	-0,5	11,0
26	14,0	-3,7	1,3	-0,3	10,5	-3,6	14,1
27	14,0	-4,0	1,3	-0,4	10,5	-3,9	14,4
28	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
29	15,0	-4,3	1,4	-0,4	10,8	-4,2	15,0
30	15,5	-2,5	1,4	-0,2	10,9	-2,5	13,3
31	14,5	-6,0	1,3	-0,5	10,7	-5,7	16,4
					Total Ht (cm)	332,5	
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
					(Sr) -->	53,8%	
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

Figura 75 – Dados coletados para inclinação de 90 graus e rotação de 5 rpm.

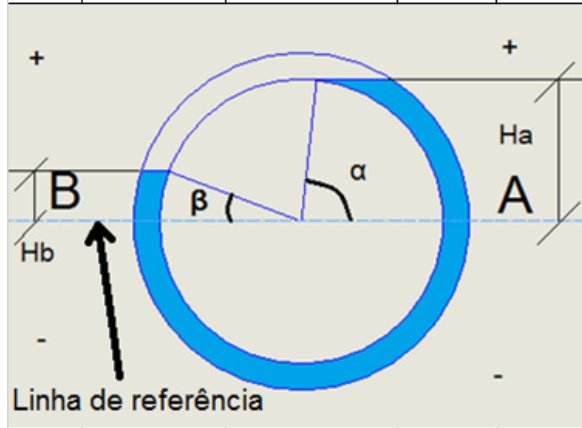
Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,0	-13,0	1,3	-1,2	10,5	-10,2	20,7
2	12,5	-11,5	1,1	-1,0	10,0	-9,5	19,5
3	10,5	-8,5	1,0	-0,8	9,0	-7,7	16,7
4	10,5	-9,5	1,0	-0,9	9,0	-8,4	17,3
5	10,5	-8,0	1,0	-0,7	9,0	-7,3	16,3
6	9,0	-7,0	0,8	-0,6	8,0	-6,5	14,6
7	10,0	-8,3	0,9	-0,8	8,7	-7,5	16,2
8	11,5	-10,3	1,0	-0,9	9,5	-8,9	18,4
9	14,0	-8,3	1,3	-0,8	10,5	-7,5	18,0
10	14,0	-8,7	1,3	-0,8	10,5	-7,8	18,3
11	14,0	-8,3	1,3	-0,8	10,5	-7,5	18,0
12	14,0	-7,7	1,3	-0,7	10,5	-7,1	17,6
13	13,5	-7,5	1,2	-0,7	10,4	-6,9	17,3
14	14,0	-6,0	1,3	-0,5	10,5	-5,7	16,2
15	14,0	-5,7	1,3	-0,5	10,5	-5,4	16,0
16	13,5	-6,0	1,2	-0,5	10,4	-5,7	16,1
17	14,0	-5,5	1,3	-0,5	10,5	-5,3	15,8
18	14,0	-4,5	1,3	-0,4	10,5	-4,4	14,9
19	14,0	-5,7	1,3	-0,5	10,5	-5,4	16,0
20	14,5	-4,0	1,3	-0,4	10,7	-3,9	14,6
21	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
22	13,5	-3,0	1,2	-0,3	10,4	-3,0	13,3
23	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
24	13,5	-3,0	1,2	-0,3	10,4	-3,0	13,3
25	14,0	-2,7	1,3	-0,2	10,5	-2,7	13,2
26	13,5	-1,3	1,2	-0,1	10,4	-1,3	11,7
27	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
28	14,0	-2,5	1,3	-0,2	10,5	-2,5	13,0
29	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
30	15,0	-2,5	1,4	-0,2	10,8	-2,5	13,2
31	15,5	-5,3	1,4	-0,5	10,9	-5,1	16,0
Total Ht (cm)							484,0
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							51,5%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

Figura 76 – Dados coletados para inclinação de 90 graus e rotação de 10 rpm.

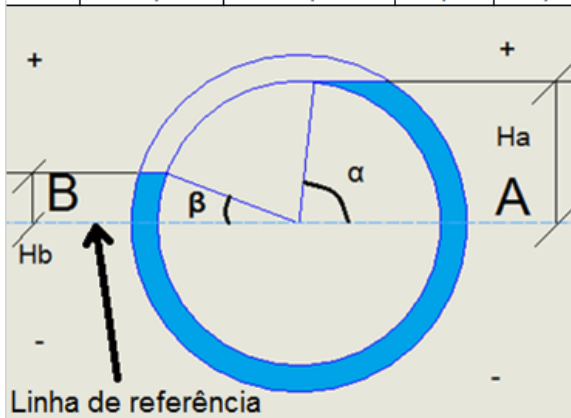
Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,5	-13,0	1,3	-1,2	10,7	-10,2	20,8
2	14,5	-12,0	1,3	-1,1	10,7	-9,8	20,4
3	13,0	-10,0	1,2	-0,9	10,2	-8,7	18,9
4	12,2	-10,0	1,1	-0,9	9,8	-8,7	18,5
5	12,5	-8,7	1,1	-0,8	10,0	-7,8	17,8
6	12,0	-9,0	1,1	-0,8	9,8	-8,0	17,8
7	12,5	-9,5	1,1	-0,9	10,0	-8,4	18,3
8	14,5	-9,7	1,3	-0,9	10,7	-8,5	19,1
9	14,5	-7,5	1,3	-0,7	10,7	-6,9	17,6
10	14,5	-8,5	1,3	-0,8	10,7	-7,7	18,3
11	14,5	-8,0	1,3	-0,7	10,7	-7,3	18,0
12	14,5	-6,7	1,3	-0,6	10,7	-6,3	16,9
13	14,0	-5,7	1,3	-0,5	10,5	-5,4	16,0
14	14,5	-5,7	1,3	-0,5	10,7	-5,4	16,1
15	14,5	-5,0	1,3	-0,5	10,7	-4,8	15,5
16	14,0	-5,7	1,3	-0,5	10,5	-5,4	16,0
17	14,5	-4,8	1,3	-0,4	10,7	-4,6	15,3
18	14,5	-4,3	1,3	-0,4	10,7	-4,2	14,8
19	14,5	-4,7	1,3	-0,4	10,7	-4,6	15,2
20	15,0	-3,5	1,4	-0,3	10,8	-3,4	14,2
21	14,5	-3,5	1,3	-0,3	10,7	-3,4	14,1
22	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
23	14,5	-3,0	1,3	-0,3	10,7	-3,0	13,6
24	14,5	-2,3	1,3	-0,2	10,7	-2,3	12,9
25	14,5	-1,5	1,3	-0,1	10,7	-1,5	12,1
26	14,5	-1,0	1,3	-0,1	10,7	-1,0	11,6
27	14,5	-2,0	1,3	-0,2	10,7	-2,0	12,6
28	15,0	-2,5	1,4	-0,2	10,8	-2,5	13,2
29	15,0	-1,5	1,4	-0,1	10,8	-1,5	12,3
30	15,5	-1,5	1,4	-0,1	10,9	-1,5	12,4
31	15,0	-4,5	1,4	-0,4	10,8	-4,4	15,1
					Total Ht (cm)		489,1
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
					(Sr) -->		52,3%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

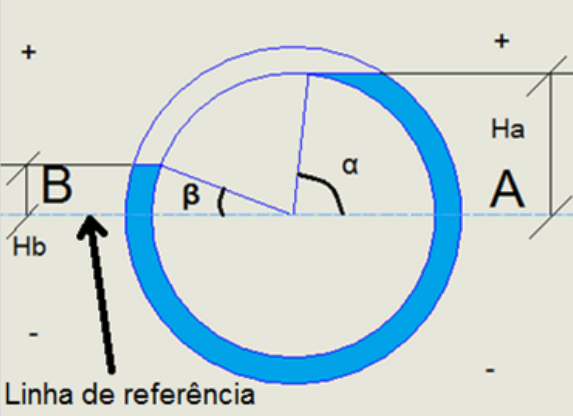
Figura 77 – Dados coletados para inclinação de 90 graus e rotação de 15 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,0	-13,0	1,3	-1,2	10,5	-10,2	20,7
2	14,5	-13,5	1,3	-1,2	10,7	-10,4	21,0
3	14,5	-11,5	1,3	-1,0	10,7	-9,5	20,2
4	16,5	-12,0	1,5	-1,1	11,0	-9,8	20,7
5	14,5	-11,0	1,3	-1,0	10,7	-9,3	19,9
6	14,0	-10,0	1,3	-0,9	10,5	-8,7	19,2
7	14,5	-9,0	1,3	-0,8	10,7	-8,0	18,7
8	14,5	-8,5	1,3	-0,8	10,7	-7,7	18,3
9	14,5	-7,3	1,3	-0,7	10,7	-6,8	17,4
10	14,5	-7,3	1,3	-0,7	10,7	-6,8	17,4
11	14,5	-6,7	1,3	-0,6	10,7	-6,3	16,9
12	14,5	-6,0	1,3	-0,5	10,7	-5,7	16,4
13	14,0	-5,7	1,3	-0,5	10,5	-5,4	16,0
14	14,0	-5,0	1,3	-0,5	10,5	-4,8	15,3
15	14,0	-6,3	1,3	-0,6	10,5	-6,0	16,5
16	14,5	-5,3	1,3	-0,5	10,7	-5,1	15,7
17	14,0	-3,7	1,3	-0,3	10,5	-3,6	14,1
18	14,0	-3,7	1,3	-0,3	10,5	-3,6	14,1
19	14,0	-4,3	1,3	-0,4	10,5	-4,2	14,7
20	14,5	-5,3	1,3	-0,5	10,7	-5,1	15,7
21	14,5	-2,5	1,3	-0,2	10,7	-2,5	13,1
22	14,0	-1,5	1,3	-0,1	10,5	-1,5	12,0
23	14,0	-2,5	1,3	-0,2	10,5	-2,5	13,0
24	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
25	14,0	-1,0	1,3	-0,1	10,5	-1,0	11,5
26	14,0	-0,7	1,3	-0,1	10,5	-0,7	11,2
27	14,0	-1,7	1,3	-0,2	10,5	-1,7	12,2
28	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
29	14,5	-1,0	1,3	-0,1	10,7	-1,0	11,6
30	15,0	-1,5	1,4	-0,1	10,8	-1,5	12,3
31	15,0	-3,7	1,4	-0,3	10,8	-3,6	14,4
Total Ht (cm)							485,5
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							51,5%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.

Figura 78 – Dados coletados para inclinação de 90 graus e rotação de 20 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,5	-12,5	1,2	-1,1	10,4	-10,0	20,3
2	13,5	-12,0	1,2	-1,1	10,4	-9,8	20,1
3	12,5	-11,5	1,1	-1,0	10,0	-9,5	19,5
4	12,0	-10,0	1,1	-0,9	9,8	-8,7	18,4
5	12,0	-8,5	1,1	-0,8	9,8	-7,7	17,4
6	11,0	-7,5	1,0	-0,7	9,3	-6,9	16,2
7	11,5	-8,7	1,0	-0,8	9,5	-7,8	17,3
8	14,0	-11,0	1,3	-1,0	10,5	-9,3	19,8
9	16,0	-6,7	1,5	-0,6	10,9	-6,3	17,2
10	14,0	-7,0	1,3	-0,6	10,5	-6,5	17,1
11	14,0	-6,7	1,3	-0,6	10,5	-6,3	16,8
12	14,0	-6,0	1,3	-0,5	10,5	-5,7	16,2
13	14,0	-6,5	1,3	-0,6	10,5	-6,1	16,6
14	14,5	-5,0	1,3	-0,5	10,7	-4,8	15,5
15	14,5	-4,5	1,3	-0,4	10,7	-4,4	15,0
16	13,7	-5,0	1,2	-0,5	10,4	-4,8	15,3
17	14,0	-3,5	1,3	-0,3	10,5	-3,4	14,0
18	14,0	-3,5	1,3	-0,3	10,5	-3,4	14,0
19	14,0	-4,0	1,3	-0,4	10,5	-3,9	14,4
20	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5
21	14,0	-2,5	1,3	-0,2	10,5	-2,5	13,0
22	13,5	-1,3	1,2	-0,1	10,4	-1,3	11,7
23	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
24	13,5	-1,7	1,2	-0,2	10,4	-1,7	12,1
25	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
26	13,5	-0,7	1,2	-0,1	10,4	-0,7	11,1
27	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
28	13,5	-1,3	1,2	-0,1	10,4	-1,3	11,7
29	13,7	-0,5	1,2	0,0	10,4	-0,5	10,9
30	14,0	0,0	1,3	0,0	10,5	0,0	10,5
31	14,0	-3,7	1,3	-0,3	10,5	-3,6	14,1
					Total Ht (cm)		464,7
							
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
					(Sr) -->		51,5%
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							

Fonte: Autoria própria.

Figura 79 – Dados coletados para inclinação de 90 graus e rotação de 25 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	14,5	-12,0	1,3	-1,1	10,7	-9,8	20,4
2	13,0	-9,5	1,2	-0,9	10,2	-8,4	18,5
3	10,0	-5,5	0,9	-0,5	8,7	-5,3	14,0
4	8,3	-5,3	0,8	-0,5	7,5	-5,1	12,6
5	7,0	-2,5	0,6	-0,2	6,5	-2,5	9,0
6	4,5	0,0	0,4	0,0	4,4	0,0	4,4
7	3,0	0,5	0,3	0,0	3,0	0,5	2,5
8	3,0	1,0	0,3	0,1	3,0	1,0	2,0
9	3,0	0,0	0,3	0,0	3,0	0,0	3,0
10	5,0	-2,0	0,5	-0,2	4,8	-2,0	6,8
11	6,5	-3,3	0,6	-0,3	6,1	-3,3	9,4
12	7,7	-3,3	0,7	-0,3	7,1	-3,3	10,3
13	7,7	-4,3	0,7	-0,4	7,1	-4,2	11,3
14	10,0	-6,5	0,9	-0,6	8,7	-6,1	14,8
15	12,5	-8,7	1,1	-0,8	10,0	-7,8	17,8
16	14,5	-8,7	1,3	-0,8	10,7	-7,8	18,5
17	145,0	-6,7	13,2	-0,6	6,4	-6,3	12,6
18	14,5	-6,5	1,3	-0,6	10,7	-6,1	16,8
19	14,5	-5,3	1,3	-0,5	10,7	-5,1	15,7
20	14,6	6,0	1,3	0,5	10,7	5,7	5,0
21	14,5	-5,3	1,3	-0,5	10,7	-5,1	15,7
22	14,5	-6,0	1,3	-0,5	10,7	-5,7	16,4
23	14,0	-4,5	1,3	-0,4	10,5	-4,4	14,9
24	14,3	-4,3	1,3	-0,4	10,6	-4,2	14,8
25	14,5	-3,0	1,3	-0,3	10,7	-3,0	13,6
26	14,5	-3,0	1,3	-0,3	10,7	-3,0	13,6
27	14,5	-3,0	1,3	-0,3	10,7	-3,0	13,6
28	14,0	-3,7	1,3	-0,3	10,5	-3,6	14,1
29	14,0	-2,3	1,3	-0,2	10,5	-2,3	12,8
30	14,5	-2,3	1,3	-0,2	10,7	-2,3	12,9
31	14,5	-5,3	1,3	-0,5	10,7	-5,1	15,7
Total Ht (cm)							383,6
Observações:							
$H = HA - HB$							
$Hh = \sum H$							
(Sr) -->							53,8%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							

Fonte: Autoria própria.

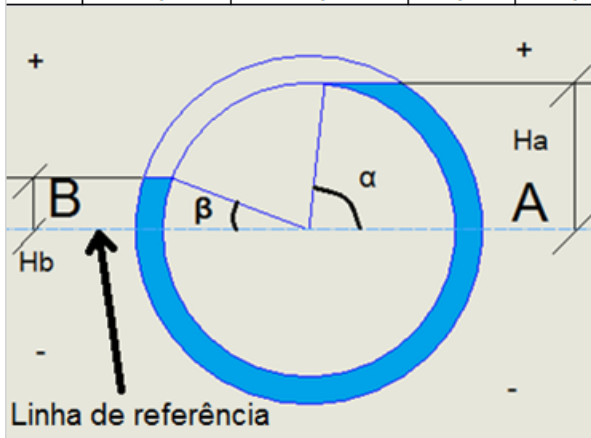
Figura 80 – Dados coletados para inclinação de 90 graus e rotação de 30 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicóide (cm)		Soma H por volta (cm)		
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H		
1	14,0	-11,5	1,3	-1,0	10,5	-9,5	20,0		
2	12,5	-8,0	1,1	-0,7	10,0	-7,3	17,3		
3	9,5	-4,5	0,9	-0,4	8,4	-4,4	12,7		
4	7,5	-4,7	0,7	-0,4	6,9	-4,6	11,5		
5	6,5	-1,5	0,6	-0,1	6,1	-1,5	7,6		
6	3,5	0,7	0,3	0,1	3,4	0,7	2,7		
7	2,0	1,5	0,2	0,1	2,0	1,5	0,5		
8	1,5	1,3	0,1	0,1	1,5	1,3	0,2		
9	1,0	1,7	0,1	0,2	1,0	1,7	-0,7		
10	2,7	0,5	0,2	0,0	2,7	0,5	2,2		
11	3,5	0,0	0,3	0,0	3,4	0,0	3,4		
12	4,0	0,5	0,4	0,0	3,9	0,5	3,4		
13	3,0	0,0	0,3	0,0	3,0	0,0	3,0		
14	4,3	-1,0	0,4	-0,1	4,2	-1,0	5,2		
15	5,5	-2,5	0,5	-0,2	5,3	-2,5	7,8		
16	7,0	-2,5	0,6	-0,2	6,5	-2,5	9,0		
17	7,0	-4,5	0,6	-0,4	6,5	-4,4	10,9		
18	10,0	-7,3	0,9	-0,7	8,7	-6,8	15,5		
19	13,0	-8,3	1,2	-0,8	10,2	-7,5	17,7		
20	14,5	-5,0	1,3	-0,5	10,7	-4,8	15,5		
21	14,3	-5,5	1,3	-0,5	10,6	-5,3	15,9		
22	14,0	-5,3	1,3	-0,5	10,5	-5,1	15,6		
23	13,7	-5,5	1,2	-0,5	10,4	-5,3	15,7		
24	13,7	-5,5	1,2	-0,5	10,4	-5,3	15,7		
25	13,7	-4,0	1,2	-0,4	10,4	-3,9	14,3		
26	13,7	-3,5	1,2	-0,3	10,4	-3,4	13,9		
27	13,7	-4,0	1,2	-0,4	10,4	-3,9	14,3		
28	13,5	-4,5	1,2	-0,4	10,4	-4,4	14,7		
29	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5		
30	14,0	-3,0	1,3	-0,3	10,5	-3,0	13,5		
31	14,0	-6,0	1,3	-0,5	10,5	-5,7	16,2		
					Total Ht (cm)		328,7		
								Observações:	
								H = HA - HB	
								Hh = Σ H	
					(Sr) -->		53,8%		
legenda:									
H --> Diferença de altura por volta									
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicóide.									
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.									
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.									
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.									
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.									

Fonte: Autoria própria.

Figura 81 – Dados coletados para inclinação de 90 graus e rotação de 35 rpm.

Volta	Comprimento de arco (cm)		Ângulo (rad)		alt. no helicoide (cm)		Soma H por volta (cm)
	CA	CB	alfa (α)	beta (β)	HA	HB	H
1	13,5	-6,0	1,2	-0,5	10,4	-5,7	16,1
2	13,0	-3,0	1,2	-0,3	10,2	-3,0	13,1
3	10,0	-1,0	0,9	-0,1	8,7	-1,0	9,7
4	8,5	-1,0	0,8	-0,1	7,7	-1,0	8,7
5	8,0	1,5	0,7	0,1	7,3	1,5	5,8
6	5,5	5,5	0,5	0,5	5,3	5,3	0,0
7	4,0	6,0	0,4	0,5	3,9	5,7	-1,8
8	4,0	3,0	0,4	0,3	3,9	3,0	0,9
9	4,5	3,0	0,4	0,3	4,4	3,0	1,4
10	6,5	0,0	0,6	0,0	6,1	0,0	6,1
11	9,0	0,0	0,8	0,0	8,0	0,0	8,0
12	10,0	1,0	0,9	0,1	8,7	1,0	7,7
13	9,0	0,0	0,8	0,0	8,0	0,0	8,0
14	11,0	-2,5	1,0	-0,2	9,3	-2,5	11,7
15	13,0	-3,0	1,2	-0,3	10,2	-3,0	13,1
16	13,0	-3,0	1,2	-0,3	10,2	-3,0	13,1
17	13,5	-2,0	1,2	-0,2	10,4	-2,0	12,3
18	13,5	-0,7	1,2	-0,1	10,4	-0,7	11,1
19	14,0	-2,0	1,3	-0,2	10,5	-2,0	12,5
20	13,5	-1,0	1,2	-0,1	10,4	-1,0	11,4
21	13,5	-0,5	1,2	0,0	10,4	-0,5	10,9
22	13,5	1,0	1,2	0,1	10,4	1,0	9,4
23	13,0	0,0	1,2	0,0	10,2	0,0	10,2
24	13,0	1,0	1,2	0,1	10,2	1,0	9,2
25	13,0	2,0	1,2	0,2	10,2	2,0	8,2
26	13,0	1,5	1,2	0,1	10,2	1,5	8,7
27	13,5	1,5	1,2	0,1	10,4	1,5	8,9
28	13,0	2,0	1,2	0,2	10,2	2,0	8,2
29	13,0	3,0	1,2	0,3	10,2	3,0	7,2
30	13,5	2,7	1,2	0,2	10,4	2,7	7,7
31	13,3	-1,5	1,2	-0,1	10,3	-1,5	11,8
Total Ht (cm)							269,3
Observações:							
H = HA - HB							
Hh = Σ H							
(Sr) -->							61,4%
legenda:							
H --> Diferença de altura por volta							
Hh --> Soma de todas as diferenças de altura no helicoide.							
HA --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
HB --> Altura entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							
CA --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado A.							
CB --> Comprimento de arco entre a linha de referência e linha de líquido presente no lado B.							



Fonte: Autoria própria.